Bibl. Mont.
3972
g

3972 g Bibl: Mont

Kurze Anleitung

zur Erlernung

der bürgerlichen Mechanik,

in

öffentlichen sonntägigen Vorlesungen

mitgetheilt

von

M. Karl August Bischof,

königlichem authorisirtem Geometer und öffentlichem Lehrer an der gemeindlichen Schule zu Fürth.

Nürnberg und Sulzbach,

im Verlage der J. E. Seidelschen Kunst- und Buchhandlung,

1807.

Bayerische
Staatsbibliothek
München

Inhaltsverzeichniß.

Erklärungen und Grundsätze. Seite

Was die Mechanik sey? — Was man unter Kraft versteht. — Sie wird eingetheilt in lebendige und todte. — Was die Last sey? — Werkzeuge heissen auch Rüstzeuge, Maschinen. — Sie sind einfach und zusammengesetzt. 1

Namen der einfachen Maschinen . . . 2

Die zusammengesetzten sind nicht zu bestimmen. — Was das Gewicht sey? — Was die Schwere der Körper sey? — Was man unter dem Schwerpunkt verstehe? — Was die Directionslinie und Direction der Schwere sey? — Was die Friction sey? — Was man unter Bewegung verstehe? . . . 2

Die einfachen Maschinen.

I. Der Hebel, in mathematischer Hinsicht . . 3

An demselben lassen sich allemal drey Punkte gedenken. — Diese sind veränderlich, und davon hängt die verschiedene Eintheilung der Hebel ab. . . 3

Einarmiger und zweyarmiger Hebel, oder Hebel der ersten, zweyten und dritten Art . . . 4

Kräfte und Wirkungen der Hebel richten sich nach den Entfernungen und Verhältnissen der Arme, oder nach den Entfernungen der Kräfte und Lasten von den Unterlagen. 4

Bestimmungen der Verhältnisse der Hebel . . 5

Die Kräfte der Hebel werden auch nach den Geschwindigkeiten bestimmt 6

Das mechanische Fundamentalgesetz. — Wie dasselbe durch Erfahrungen bestimmt worden. . . 7

Kleine Tabelle zu diesem Fundamentalgesetz . . 8

Wie man sich von der Richtigkeit dieses Fundamentalgesetzes durch Versuche überzeugen könne . . 9

Vorstellung solcher Versuche. 9

Anwendung des Fundamentalgesetzes. . . 10

Praktische Versuche und Beweise von den Kräften der Hebel.

A. Der einarmige Hebel durch zehn Versuche vorgestellt. 10
Wie man Kräfte, Lasten und Eintheilung der einarmigen Hebel berechnen könne. 14
Allgemeine Regeln darüber 16

B. Der zweyarmige Hebel durch acht Versuche vorgestellt 17
Regeln zur Berechnung der zweyarmigen Hebel 23
Dritte und vierte Art von Hebeln 25
Schiefer Zug der Kräfte 26
Die Waage ist nichts anders, als ein Hebel 28
Unbequemlichkeit bey den Hebeln 28
Wo der Hebel im gemeinen Leben überall Statt finde 29

II. Der Haspel. 30

Verschiedene Arten von Haspeln 31
Die Kraft kann auf verschiedene Art angebracht werden 32
Verhältniß der Kraft zur Last bey dem Haspel 33
Durch den 19ten und 20sten Versuch vorgestellt 35
Die Rolle — was sie sey? — Sie gewährt der Kraft keinen Vortheil, wenn sie nicht beweglich ist 36
Weitere Versuche über die Kräfte des Haspels. 37

III. Der Flaschenzug. 38

Was derselbe sey 38
Gesetze der beweglichen Flaschen 39
Die Seile müssen parallel laufen 40
Versuche mit dem Flaschenzug 41
Wie sich die Geschwindigkeiten bey dem Flaschenzuge verhalten 41
Verbindung des Haspels mit der Rolle 42
Versuche darüber 42
Verbindung des Haspels mit dem Flaschenzuge 43
Versuche darüber 46

IV. Die Schraube. 46

Verstärkt die Kraft am allermeisten 46
Erklärung der Schraube und ihre Entstehung 47
Kraft der Schraube bey ihrem Gebrauche 47
Verhältniß der Kraft zur Last 48
Bestimmung der Kraft bey der zum Versuch gefertigten Schraube 49
Verhältniß der Geschwindigkeit 50

Wirklicher Versuch mit der Schraube . . . 51
Reibung bey der Schraube 52
Beyspiele von Anwendung der Schraubenkräfte . 52
Nutzen der Reibung bey der Schraube . . 53
Anleitung, eine Schraube zu verfertigen . . 54
Mikrometerschrauben 56

V. Die schiefe Fläche. 57

Fallen oder Herabglitschen der Körper. . . 57
Gesetze des Falles auf schiefen Flächen . . 58
Verhältniß der Kraft zur Last auf der schiefen Fläche 59
Bestätigung dieses Verhältnisses durch Versuche . 59
Tabelle der Verhältnisse bey verschiedenen Flächen 61
Kraft, die ein Pferd am Wagen anwenden muß . 63
Verhältniß bey veränderter Zuge der Kraft . 64
Beyspiel davon an Pferd und Wagen . . 65
Wenn die schiefe Fläche selbst beweglich ist, so entstehet der Keil 65
Erklärung der Schraube aus der schiefen Fläche . 65

VI. Der Keil. 67

Kann in den einfachen und doppelten eingetheilt werden 67
Erklärung durch die 22ste Figur . . . 68
Wirkung des Keils. 68
Beweis durch Versuch 69
Gebrauch des Keils im gemeinen Leben . . 70

Von der Reibung 71

Die Reibung richtet sich:

1) nach der Grösse des Drucks . . 73
2) Körper von gleicher Materie reiben sich am stärksten 74
3) Die Reibung vermehrt sich bey Beschleunigung der Bewegung 75
4) Die Reibung vermindert sich durch Entfernung der Kraft 72

Vom Bewegungspunkte 75
Verminderung der Reibung durchs Einschmieren . 75
Die Steifigkeit der Seile verursachet Hinderung und Reibung 75
Vortheile der Reibung 76

Zusammengesetzte Maschinen.

Sie sind so mannigfaltig, daß man sie nicht alle beschreiben kann 77

1) Verbindung der Hebel (ist nicht zweckmässig) 79

2) Die Rädermaschine. . . . 80

Verschiedene Arten von Rädern und Getrieben . 80
Worauf es dabey vorzüglich ankommt . . 80
Verhältniß der Umdrehungen . . . 81
Wie sich Kräfte und Lasten dabey gegen einander verhalten 81
Beweis durch Erklärung der 25sten Figur . . 81
Andere Art sich dieses vorzustellen . . . 83
Kraft und Last verhalten sich also umgekehrt wie die Geschwindigkeit der Räder . . . 83
Regel diese Verhältnisse noch leichter zu finden . 83
Wie die Räder noch weiter zu berechnen sind . 84
Beweis durch den 30sten Versuch . . . 85
Noch einige Beyspiele durch Berechnung über die Vermehrung der Kraft durch Räder . . 87
Es ist nicht gut, wenn sich die Zahl der Zähne durch die Zahl der Getriebe rein dividiren läßt . 88
Beyspiele der Berechnung, wo sich diese Zahlen nicht rein dividiren lassen 90
Generalregel alle Räder und Getriebe zu berechnen 90

3) Die Wagenwinde 90
Beschreibung derselben und ihrer Wirkung . 91

4) Die Schraube ohne Ende . . 92
Verhältniß der Kraft zur Last bey dieser Maschine 92
Berechnung darüber, und weitere Verbindung mit Rädern 94
Anleitung zur Berechnung der Räder in noch etlichen Beyspielen, und unter andern an einer Taschenuhr 94
Wie sich die Zahlen der Zähne zu den Peripherien ihrer Räder verhalten 96
Die beliebige Zahl der Zähne eines jeden Rades und seinen Durchmesser zu finden . . . 97
Die Kraft, Last und Grösse der Räder durch Berechnungen zu bestimmen . . . 98

5) Die Verbindung der Rollen . . 98
Eine andere Art von Flaschenzug, das spanische Takel 100

6) Verbindung des Flaschenzugs mit dem Haspel, oder eigentlich mit der Erdwinde, auf einer schiefen Fläche 100

7) Verbindung der Schraube ohne Ende mit dem Flaschenzug auf einer schiefen Fläche 102

Anleitung, verschiedene einfache Maschinen nach einem gewissen vorgesetzten Endzweck zu verbinden.

Aufgabe und Bedingung 103
1stes Beyspiel, durch eine Maschine mit 2 Rädern 104
2tes Beyspiel, mit einer Kurbel . . . 105
3tes Beyspiel, mit einer Kurbel, Rad und Flaschenzug. 105
4tes Beyspiel, mit einer Erdwinde auf einer schiefen Fläche 106
5tes Beyspiel, mit einer blossen Schraube . 107
6tes Beyspiel mit einer Schraube ohne Ende . 107

Man berücksichtiget bey dem Maschinenwesen nicht blos Hebung und Bewegung der Last, sondern auch Beschleunigung oder Verzögerung der Geschwindigkeiten 108
Dieß ist der Fall bey der Uhrmacherkunst.
Bemerkungen über das Maschinenwesen überhaupt 108
Maschinen leisten nicht immer das, was sie in der Zeichnung und im Modell versprechen. . 108
Die Ursachen davon 109

Von den Kräften.

Was man unter Kraft versteht . . . 110
Sie werden eingetheilt in lebendige und todte 111
Kräfte der Menschen, wie weit sich dieselben erstrecken. 111
Moment der Kraft 112
Kräfte der Thiere, besonders des Pferdes . 113
Wie weit es den Menschen übertrift . . . 113
Kräfte lebloser Körper . . . 113
1) des Wassers, ... 113
2) der Luft, ... —
3) des Feuers, der Dämpfe, Dampfmaschinen 115
4) der Gewichte, sind wenig zu gebrauchen . 116
5) der Federn, desgleichen. . . . 117

Von der Schwere und dem Fallen der Körper.

Erklärung der Eigenschaft der Schwere . . 118
Sie ist allen Körpern in gleichem Grade eigen.
Wie tief ein Körper in einer Secunde falle. . 118
Er fällt aber mit vermehrter Geschwindigkeit . 119
Tabelle zu den Fallzeiten und Fallräumen 119

Nach welcher Progression die Geschwindigkeiten wachsen 119
Noch eine dergleichen Tabelle der Zeiten und Quadrate 120
Gemeinnützige Tabelle für die Fallzeit und Fallhöhe der Körper 121
Proben über die Richtigkeit dieser Tabelle . 121
Etwas von der Quadratwurzel . . . 122

Von den Pendelschwingungen.

Erklärungen und allgemeine Erfahrungen . 123
Die Schwingungen richten sich nach den Längen der Pendel 123
Daraus gefolgerte Hauptgesetze 124
Wie lang ein Pendel seyn muß, das Secundenschwingungen macht 125

Von der Bewegung überhaupt.

Was Bewegung und Ruhe sey? . . . 125
Was unter absoluter und relativer Bewegung und Ruhe zu verstehen sey? 125
Bewegung giebt es allenthalben, aber keine Ruhe 126
Bey der Bewegung kommen sieben Umstände vor . 126
1) Ursache der Bewegung und Mittheilung . 127
2) Bewegte Masse 127
3) Richtung der Bewegung . . . 128
4) Der Raum oder die Länge des Weges . 128
5) Die Zeit 128
6) Die Geschwindigkeit 128
7) Die Grösse der Bewegung . . . 128
Allgemeine Anwendung dieses lezten Umstandes . 129

Expe-

Experimentalmechanik.

Erklärungen und Grundsätze.

1) Die Mechanik oder Bewegungskunst ist die Wissenschaft, entweder mit Vortheil der Zeit oder der Kraft eine Bewegung hervorzubringen; d. i. entweder mitgeringerer Kraft und längerer Zeit, oder in kürzerer Zeit und mit mehrerer Kraft eine gewisse Last zu bewegen.

2) Kraft nennt man alles, was eine Bewegung hervorbringt, und darunter gehören zuerst die Kräfte der Menschen und Thiere, die Kräfte der Elemente, der Erden, der Gewichte u. s. w.

3) Lebendige Kraft ist diejenige, die eine wirkliche Bewegung hervorbringt.

4) Todte Kraft ist es, wenn sie eine Last nur erhält, ohne sie von der Stelle zu bringen; also ist auch jeder Druck todte Kraft.

5) Last wird alles genannt, was bewegt werden kann, oder der Bewegung widerstehet.

6) Die Werkzeuge, deren man sich zur Bewegung der Lasten bedient, heissen Maschinen oder Rüstzeuge. Sie sind entweder einfach, oder zusammengesezt.

7) Die einfachen sind: a) der Hebel; b) der Haspel; c) die Flasche; d) die Schraube; e) die schiefe Fläche; und f) der Keil.

8) Die zusammengesezten sind nicht zu bestimmen.

9) Das Gewicht ist die Summe der schweren Theile eines Körpers.

10) Die Schwere der Körper ist diejenige Kraft, welche sie gegen den Mittelpunkt der Erde treibt.

11) Der Schwerpunkt ist der Ort oder Punkt in einem Körper, wo alle seine Schwertheile sich vereinigen, und wo er balanzirt, wenn er in diesem Punkte auf eine scharfe oder spizige Unterlage gelegt wird.

12) Die Direktionslinie ist diejenige Linie, nach welcher die Bewegung geschieht.

13) Die Direktion der Schwere ist diejenige Linie, welche die Körper bey ihrem Falle nach dem Mittelpunkte der Erde beschreiben.

14) Die Friktion (Reibung) bey einer Bewegung ist, wenn ein Körper mehr oder weniger Punkte auf einmal berührt.

15) Die Bewegung ist die Veränderung des vorigen Ortes; sie ist entweder proportionirt, oder nicht; — sie ist ferner gleichförmig oder ungleichförmig; sie ist endlich beschleunigend oder nachlassend.

Die Maschinen oder Werkzeuge und zwar die einfachen.

I. Der Hebel.

1) Der Hebel, mathematisch betrachtet, d. i. ohne auf die Masse zu sehen, woraus ein Hebel bestehet, und ohne Rücksicht auf die eigenthümliche Schwere desselben, ist eine gerade, steife Linie, die jedoch auch krumm seyn kann.

Er ist das einfachste unter allen mechanischen Werkzeugen, und zugleich das nützlichste; auch lassen sich durch Hülfe desselben beynahe alle übrigen Maschinen erklären, und ohne denselben keine.

2) An einem jeden Hebel lassen sich drey Punkte gedenken; der eine, woran die Last, der andere, woran die Kraft, und der dritte, an welchem die Unterlage befindlich ist.

3) Diese drey Punkte können verändert werden, und daraus entstehet die verschiedene Eintheilung und Benennung der Hebel.

4) Wenn die Unterlage an dem einen Ende des Hebels, und an dem andern die Kraft, die Last aber zwischen beiden befindlich ist: so

heißt es ein einarmiger Hebel, Vectis homodromus, oder auch ein Hebel der zweyten Art. Tab. I. Fig. 1.

5) Wenn die Last an dem einen Ende, die Kraft an dem andern, die Unterlage aber zwischen beiden befindlich ist: so nennt man es einen zweyarmigen Hebel, Vectis heterodromus, oder einen Hebel der ersten Art. Tab. I. Fig. 2.

6) Wenn die Last an dem einen Ende, die Unterlage an dem andern, die Kraft aber zwischen beiden befindlich ist: so wird es ein Hebel der dritten Art genannt. Fig. 3.

Um die Kräfte und Wirkungen der Hebel besser zu verstehen, stellt man sich dieselben zuerst so vor, als ob sie gar kein eigenthümliches Gewicht hätten.

Kräfte und Wirkungen der Hebel.

7) Die Kräfte und Wirkungen der Hebel richten sich nach Proportionen oder Verhältnissen ihrer Arme, d. i. nach den Entfernungen der Lasten und Kräfte von den Unterlagen.

Sowie sich nämlich der Theil des Hebels zwischen der Unterlage und der Last bey dem Hebel der zweyten Art zu dem ganzen Hebel verhält: so verhält sich auch die Last zur Kraft; und so vielmal der kürzere Arm zwischen der Last und der Unterlage bey dem Hebel der

ersten Art auf dem längern Arm enthalten ist; so vielmal wird die Last dadurch vermindert.

Diese Regel gilt für alle Arten der Hebel; nur ist zu merken, daß bey den Hebeln der dritten Art Fig. 3. die Kraft nach Verhältniß der Arme grösser seyn muß, als die Last selbst ist.

8) Man kann demnach überhaupt merken, daß, so oft der kürzere Arm eines Hebels der 1sten und 2ten Art, der sich jedesmal zwischen der Unterlage und der Last befindet, auf dem längern Arme, an welchem die Kraft wirkt, gemessen werden kann; eben so vielmal wird die Kraft durch einen solchen Hebel vermehrt.

9) Betrachtet man den Hebel Fig. 4., so bemerkt man, daß, wenn die Last c von a bis b gehoben werden soll, die Kraft k sich in eben dieser Zeit von d bis c bewegen muß. Vergleicht man nun den Bogen a b, der die Last beschreibt, mit dem Bogen c d der Kraft: so findet sich, daß der Erstere eben so oft in dem Leztern enthalten ist, als der Theil des Hebels von der Unterlage bis zur Last in dem ganzen Hebel, nämlich dreymal. In Fig. 5. ist der nämliche Fall. Der Theil c h, von der Last bis zur Unterlage, ist noch dreymal auf dem längern Arme des Hebels enthalten, und der Bogen i c ist ebenfalls dreymal in dem Bogen der Kraft g k enthalten.

Mit diesen beiden Hebeln kann also mit einer gewissen Kraft eine dreymal grössere Last bewegt werden.

10) **So oft also der Bogen, den die Last bey ihrer Bewegung beschreibt, in dem Bogen enthalten ist, den die Kraft gehen muß: eben so vielmal wird die Kraft vermehrt, oder die Last vermindert.**

11) **Daher kann man die Kräfte und Wirkungen der Hebel** (und eben so aller übrigen Maschinen) **auch nach den Geschwindigkeiten, oder nach dem Wege abmessen und vergleichen, welche Last und Kraft in einer und derselben Zeit beschreiben.**

12) Daraus erhellet aber auch ferner, daß allemal an der Zeit und dem Raum das verloren geht, was an der Kraft gewonnen wird. Die Last c wird nämlich, Fig. 4. nur von a bis b gehoben, indessen die Kraft von d bis c steigt, und das ist nur der dritte Theil. — Man sehe daher die erste Erklärung.

Das mechanische Fundamentalgesetz.

Wenn man einen Hebel von Holz oder Eisen ꝛc. hat: so ist augenscheinlich, daß bey der Anwendung desselben das eigenthümliche Gewicht des Hebels mit in Anschlag kommen müsse, und daß es entweder die Last, oder die Kraft vermehrt,

je nach dem der Hebel auf diese oder jene Art gebraucht wird.

Um zu einem Erfahrungsgesetz zu gelangen, wie viel Theile des ganzen Gewichts eines Hebels auf den kürzern Arm desselben gehören, wenn der Hebel äquilibriren oder im Gleichgewichte stehen soll: so hat man möglichst genaue Versuche darüber angestellt.

Aus diesen Versuchen hat man gefunden, daß, wenn man z. B. einen in 3 gleiche Theile getheilten Hebel hat, wie Fig. 6., und dieser Hebel in dem ersten Theile auf einer scharfen Unterlage ruht; so muß man noch 3 solcher Theile oder Stücke von gleicher Grösse und Schwere auf den kurzen Arm auflegen, wenn der Hebel balanziren soll. Bey einem in 4 Theile getheilten Hebel aber muß man 8 dergleichen Theile oder Stücke auflegen, wie in Fig. 7. zu ersehen ist.

Darüber hat man nun eine sehr leichte Berechnungsmethode entworfen, woraus man sogleich finden kann, wie viele Theile oder Stücke jedesmal aufgelegt werden müssen, der Hebel mag in so viele Theile getheilt seyn, als er will.

Man schreibt nämlich in eine Reihe die Zahlen der Theile eines Hebels, von 3 angefangen, als welches die möglichst kleinste Eintheilung ist, wenn ein Hebel Ueberwucht haben soll, und sezt darunter die Zahlen in ihrer natürlichen Ordnung. Multiplizirt man nun beide über einander stehende

Zahlen mit einander: so zeigt das Produkt die Zahl der aufzulegenden Stücke. Z. B.

3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3	8	15	24	35	48	63	80	99	120

Die erste Reihe Zahlen zeigt also die Eintheilung der Hebel, die zweyte den Faktor, und die dritte das Produkt oder die aufzulegenden Stücke.

Demnach sind z. B. auf einen in 6 Theile getheilten Hebel 24 — und auf einen in 9 Theile getheilten 63 gleich grosse und schwere Theile oder Stücke aufzulegen.

Da es aber aus andern Gründen — welche hier der Kürze wegen, und weil überhaupt dieses Büchlein nicht die Theorie, sondern blos die Praktik der Bewegungskunst enthalten soll — da es nun aus Gründen, die hier unberührt bleiben, nicht einerley ist, ob die zum Aequilibriren erfoderlichen Stücke auf den kürzern Arm aufgelegt werden, wie in Fig. 6 und 7., oder ob man sie an das Ende des kurzen Arms anhängt, wie in Fig. 8: so ist noch zu merken, daß in diesem leztern Falle jedesmal nur die Hälfte der aufzulegenden Stücke zum Anhängen nöthig sind. Also anstatt 8 Stücke auf einen viertheiligen Hebel aufzulegen, werden deren nur 4 an das Ende des kurzen Arms angehangen, und dann balanzirt der Hebel auch; wie in der 8ten Figur zu ersehen ist, u. s. w.

Weil man nun ohne diese Kenntniß gar keine Berechnung über das Verhältniß der Kräfte

und Lasten bey wirklichen Hebeln anstellen könnte, und also dieselbe höchst nöthig ist: so nennt man sie deßwegen auch das mechanische Fundamentalgesetz.

Um sich von der Richtigkeit dieses Fundamentalgesetzes durch Versuche zu überzeugen, lasse man sich von einem geschickten Schreiner, nach Anleitung der 6ten und 7ten Figur einen etwas breiten Hebel von beliebiger Länge, aus einem feinen Holze machen, und theile denselben auf der einen Seite in 3 — und auf der andern in 4 gleiche Theile, man kann auch noch mehrere Eintheilungen nach Belieben darauf tragen. Von einem jeden solchen Theile lasse man sich, und zwar von dem dreytheiligen 3, und vom viertheiligen 8 dergleichen gleich lange und gleich dicke Stücke hobeln. Wenn diese Stücke vollkommen gut gearbeitet sind, aus gleichem Holze bestehen und sorgfältig abgewogen werden: so wird man sich bey dem Auflegen oder Anhängen so vieler Stücke, als nach den vorhergehenden Angaben erfoderlich sind, von der Richtigkeit des angegebenen Fundamentalgesetzes durch Versuche überzeugen.

Die 6te, 7te und 8te Figur stellt drey dergleichen Versuche vor, welche nun keiner weitern Erklärung bedürfen.

Anm. Am Ende dieses Büchleins werde ich jedoch den ganzen Apparat, den ich mir zu diesen mechanischen Beweisen habe verfertigen lassen, nach allen seinen Theilen und nach seiner Grösse beschreiben, auch durch Kupfer erläutern, damit Liebhaber sich einen dergleichen können selbst machen lassen.

Wir kommen nun zu der Anwendung des oft gedachten Fundamentalgesetzes, wo wir uns bey den praktischen Versuchen von den Kräften und Wirkungen bey wirklichen Hebeln durch den Augenschein überzeugen werden.

Der zu diesem Behuf gebrauchte Hebel, den ich mir von einem guten Birnbaumholze habe verfertigen lassen, ist 2 rheinische Schuhe lang, parallelepipedisch gehobelt, und wiegt genau 6 Loth. Er ist in 120 gleiche Theile getheilt, um ihn als 3 4 5 6 8 10- und 12theiligen Hebel zu gebrauchen; wo — zufolge der Bruchrechnung $\frac{40}{120}$ gleich sind $\frac{1}{3}$; $30 = \frac{1}{4}$; $24 = \frac{1}{5}$; $20 = \frac{1}{6}$; $15 = \frac{1}{8}$ und $10 = \frac{1}{12}$ des ganzen Hebels.

Praktische Versuche und Beweise von den Kräften der Hebel.

A) Der einarmige Hebel.

Wenn ein Hebel an dem einen Ende auf einer Unterlage ruht, und an dem andern Ende von einer Kraft gehalten wird: so braucht man zu dieser Kraft nur die Hälfte des ganzen Gewichtes des Hebels.

Der 1ste Versuch bestättigt diesen Satz; denn wir sehen, daß 3 Loth den sechstheiligen Hebel im Gleichgewicht erhalten. Fig. 9. Die Ursache davon ist: daß die andern 3 Loth von der Unterlage getragen werden; wobey man

den physischen Grundsatz nicht vergessen muß, daß die Summe der Schwertheile eines Körpers sich in dem Mittelpunkt desselben vereinigen. Wo also ein Hebel auf diese Art, als Vectis homodromus gebraucht wird, muß allemal zu der benöthigten Kraft, welche die Last erhalten soll, noch die Hälfte des Gewichtes des Hebels dazu gesezt werden; wie wir sogleich noch weiter sehen werden.

Wenn man einen einarmigen Hebel (Vectis homodromus) hat, der in 24 gleiche Theile getheilt ist, und in das erste Vierundzwanzigtheil desselben von der Unterlage an, eine gewisse Last hängt: so stehet diese Last mit der am andern Ende des Hebels angebrachten Kraft im Gleichgewicht, wenn sie sich zur Last verhält wie 1 zu 24 + der Hälfte des Gewichtes des Hebels.

2ter Versuch: Das hier angehangene Gewicht = 60 Loth, der vier und zwanzigste Theil davon = $2\frac{1}{2}$ Loth + der Hälfte des Hebels = 3 Loth. Folglich halten $5\frac{1}{2}$ Loth Kraft einer Last von 60 Loth das Gleichgewicht.

Wenn dieser Hebel in 16 gleiche Theile getheilt ist und die Last im 1sten 16tel hängt: so steht diese Last mit der Kraft im Gleichgewichte, wenn sie sich zu derselben verhält wie 1 zu 16 + der Hälfte des Gewichtes des Hebels.

3ter Versuch: Das hier angehangene Gewicht = 60 Loth; der 16te Theil davon = $3\frac{3}{4}$ + der Hälfte des Hebels = 3 Loth. Folglich hält

$6\frac{1}{4}$ Loth Kraft einer Last von 60 Loth das Gleichgewicht, wenn diese Last in $\frac{1}{16}$ des Hebels angehangen ist.

Wenn ferner ein solcher Hebel in 12 gleiche Theile getheilt ist, und die Last im 1sten 12tel hängt: so steht die Last mit der Kraft im Gleichgewichte, wenn sie sich zu derselben verhält, wie 1 zu 12 + der halben Schwere des Hebels.

4ter Versuch: Die Last ist wie vorhin = 60; der 12te Theil davon = 5 + 3 als der Hälfte des Hebels = 8. Also wiegen 8 Loth eine Last von 60 Loth.

Wenn eben dieser Hebel in 10 gleiche Theile getheilt ist: so steht diese Last mit der Kraft im Gleichgewichte, wenn sie sich zu derselben verhält, wie 1 : 10 + der Hälfte des Hebels.

5ter Versuch: Die Last = 60, davon ist $\frac{1}{10}$ = 6 + 3, als der Hälfte des Gewichts des Hebels = 9. Also stehen 9 Loth mit 60 Loth im Gleichgewicht.

Wenn der Hebel in 8 gleiche Theile getheilt ist: so stehet diese Last mit der Kraft im Gleichgewichte, wenn sie sich zu derselben verhält, wie 1 zu 8 + der Hälfte des Hebels.

6ter Versuch: Die Last ist abermals = 60; davon ist $\frac{1}{8}$ = $7\frac{1}{2}$ + 3 = $10\frac{1}{2}$ Loth.

Wenn der Hebel in 6 gleiche Theile getheilt ist, und die Last im 1sten 10tel hängt: so wird sie vom 10ten Theil dieser Last im Gleichgewicht gehalten.

7ter Versuch: Die Last = 60; davon das $\frac{1}{6}$tel = 10, dazu die Hälfte des Hebels mit 3 Loth; folglich stehen 13 Loth mit 60 Loth im Gleichgewichte.

Wenn der Hebel in 5 gleiche Theile getheilt ist: so stehet diese Last mit dem 5ten Theil derselben als Kraft im Gleichgewichte.

8ter Versuch: Die Last von 60 Loth hat zum 5tel 12 Loth, dazu die Hälfte des Gewichts des Hebels mit 3 Loth, macht 15 Loth; welche diese Last aufwiegen.

Bey einem in 4 Theile, und dann in 3 Theile getheilten Hebel wird die Last im ersten Falle mit dem Viertel der Kraft, und im zweyten mit dem Drittel im Gleichgewichte stehen.

9ter Versuch: Zum ersten Falle ist 15 das Viertel, zum zweyten ist 20 das Drittel von 60. Dazu in jedem Falle die Hälfte des Gewichtes des Hebels: so steht die Last mit der Kraft im Gleichgewicht.

Wäre endlich die Last in der Hälfte des Hebels angebracht: so würde auch die Hälfte derselben zur Kraft nöthig seyn, diese Last zu erhalten.

10ter Versuch: Die Hälfte von 60 = 30, dazu die Hälfte des Hebels mit 3 Loth; folglich wiegen 33 Loth die Last von 60 Loth.

Anm. Um dieses Werkchen durch überflüssige Kupfer nicht zu vertheuern, sind alle diese Versuche blos durch die einzige 10te Figur vorgestellt worden, wo der 5te abgebildet ist.

Diese bis daher angestellten Versuche bestätigen also hinlänglich den unter Nummer 7 (von den Kräften der Hebel) angeführten Satz: So wie sich nämlich der Theil des Hebels rc.

Wenn uns also eine Last, welche wir mit einem solchen Hebel bewegen wollen, und zugleich auch die Kraft bekannt ist, welche wir anwenden können: so können wir die Eintheilung des Hebels sogleich finden, wenn wir die Kraft in die Last dividiren. Das Herauskommende oder der Quotient zeigt uns, in wie viel Theile der Hebel eingetheilt werden müsse; wobey jedoch das halbe Gewicht des Hebels entweder sogleich zur Last addiret, oder zur Kraft hinzugesezt werden muß. Z. B. wir hätten eine Last von 225 ℔. Der Hebel, den wir zur Bewegung derselben brauchen, wiegt 18 ℔. Setzen wir also

225 ℔. Last
\+ 9 ℔. Hälfte d. Hebels, dividirt durch d. Kraft =
℔ ———
50|234|4 als Eintheilung des Hebels.

Wir haben mit Fleiß ein Beyspiel gewählt, wo die Division nicht rein aufgeht, um bey dieser Gelegenheit sagen zu können, daß man in diesem Falle dem Hebel lieber eine grössere Eintheilung gebe, als der Quotient zeigt. Dadurch wird man die Last um desto leichter bewegen. Denn wenn wir in dem vorliegenden Falle den Hebel nur in 4 Theile theilen: so bleiben uns noch 17 ℔. zu überwältigen übrig; welche bey eben diesem Hebel noch $4\frac{1}{4}$ ℔. Kraft und also $54\frac{1}{4}$ ℔. erfodern.

Noch ein Beyspiel: Es sey eine Last zu bewältigen von 320 ℔. wobey das halbe Gewicht

des Hebels mitgerechnet ist; es sind aber nur 40 ℔. Kraft da. Wie muß man den Hebel eintheilen, um diese Last zu bewegen?

Dividire 40 in 320: so kommt zum Quotienten 8, und in so viel Theile muß der Hebel getheilt werden; da 8 ⋈ 40 = 320 u. s. w.

Aus eben diesen Prinzipien kann man auch umgekehrt leicht die Last oder die Kraft finden, wenn eines von beiden nebst der Eintheilung des Hebels bekannt ist; eine Weisung, die in vielen Fällen des bürgerlichen Lebens von grossem Nutzen seyn kann, wo man nicht immer eine Wage bey der Hand hat, oder die zu bewegende Last doch wenigstens beyläufig zu schätzen wünscht.

Gesezt, es sey zur Bewegung einer Last ein Hebel gebraucht worden, welcher in 6 Theile getheilt werden konnte, nämlich von dem Punkt der Unterlage bis zur Last waren auf dem Hebel noch 5 solcher Stücke zu zählen; der Hebel selbst aber wog 18 ℔. — und man hatte eine Kraft von 30 ℔. nöthig, die Last zu erhalten. Wie schwer war diese Last? —

Weil von den 30 ℔. Kraft 9 ℔. für die Hälfte des Gewichts des Hebels abgehen: so bleiben nur noch 21 ℔. Kraft für die Last. Nun hatte der Hebel 6 Theile; womit also eine sechsmal grössere Last erhalten wurde; 6 ⋈ 21 macht aber 126, und so schwer war die Last.

Oder, wenn die Last und die Eintheilung des Hebels bekannt ist, die Kraft zu bestimmen, welche

zur Bewegung oder Erhaltung dieser Last nöthig ist, verfahre man also: Die Last sey = 325 ℔. der Hebel habe 5 gleiche Theile und wiege 20 ℔. Es sind also zuerst 10 ℔. als die Hälfte des Gewichts des Hebels zu überwältigen, welche der Last zugeschrieben werden, folglich ist die Last = 335. Theilen wir nun darein mit 5: so kommen 67 ℔. für die benöthigte Kraft.

Diese angeführten Berechnungen können in unzähligen Fällen des gemeinen Lebens vorkommen, und daher ist es sehr nützlich, sich dieselben wohl bekannt zu machen.

Man merke daher:

1) Wenn ich eine bekannte Last habe und auch die Kraft weiß, die ich anwenden kann: so suche ich nur noch das Gewicht des Hebels; die Hälfte davon rechne ich zur Last und dividire meine bekannte Kraft in die bekannte Last: so finde ich, in wie viel Theile ich den Hebel theilen muß; wobey es besser ist, dem Hebel lieber einen Theil mehr, als zu wenig zu geben.

2) Ist mir die Last bekannt, aber ich weiß noch nicht, wie viel Kraft ich zur Bewegung brauche: so addire ich erst die Hälfte des Gewichts des Hebels zur Last, und dann kommt es darauf an, in wie viel Theile ich meinen Hebel eintheilen kann oder will. Je mehr Theile ich von dem Punkte der Unterlage bis zur Last, auf den übrigen Arm des He-

Hebels bringen kann, desto geringere Kraft habe ich sodann nöthig. Endlich

3) kann ich aus der bekannten Kraft und der Eintheilung des Hebels leicht die Last finden, wenn ich die Hälfte des Hebelgewichts von der Last abziehe und den Rest mit der Anzahl der Theile des Hebels multiplizire. Dieser lezte Fall kann besonders sehr nothwendig und wichtig werden.

Es ist aber hiebey noch ein Umstand zu bemerken, nämlich: wenn die Last, welche ich mit einem einarmigen Hebel bewege, selbst wieder an ihrem andern Ende auf dem Boden liegen bleibt und also nicht ganz im Freyen schwebt: so kann ich auch nicht sagen, daß ich die ganze Last des Körpers bewege, sondern es ist alsdann auch nur die Hälfte desselben oder dieser Last.

Dieses alles wird nun hinlänglich seyn, die Kräfte und Wirkungen und zugleich die Berechnungen des einarmigen Hebels (homodromus), wovon bisher nur die Rede war, zu verstehen. — Wir kommen nun zur Erklärung des zweyarmigen (heterodromus), wobey sich etwas grössere Schwierigkeiten zeigen werden.

Der zweyarmige Hebel.

Oben bey Erklärung des mechanischen Fundamentalgesetzes wurde gesagt, daß, wenn man einen Hebel in eine gewisse Anzahl Theile theilet, davon der eine Theil den kurzen Arm, die übrigen aber den langen ausmachen, man zuvörderst wissen müsse, wie

viel ein solcher Theil des Hebels wiege, und wie viel gleich grosse Stücke auf den kurzen Arm aufgelegt, oder angehangen werden müssen, wenn der Hebel äquilibriren soll: auch haben wir uns durch einige Versuche praktisch überzeugt, daß z. B. auf den kürzern Arm eines dreytheiligen Hebels 3, auf den viertheiligen aber 8 Stücke aufgelegt und jedesmal die Hälfte dieser Zahl angehangen werden müsse, wenn der Hebel im Gleichgewicht stehen soll. Wir wollen uns nun durch weitere Versuche von der Richtigkeit dieses mechanischen Fundamentalgesetzes, durch das eigenthümliche Gewicht unsers, zu diesem mechanischen Apparat bestimmten und verfertigten Hebels überzeugen. Dieser Hebel wiegt, wie im 1sten Grundsatz oder Versuch gesagt wurde, 6 Loth. Wir theilen zuerst diesen Hebel in 3 Theile, folglich wiegt ein Theil 2 Loth. Nun müßten auf diesen Hebel 3 dergleichen Stücke aufgelegt, oder die Hälfte davon angehangen werden, macht im ersten Falle 6, im andern 3 Loth.

Der 11te Versuch bestättigt diesen Satz; denn wir sehen, daß 6 Loth auf die Mitte des kurzen Arms aufgelegt, oder 3 Loth an das Ende desselben angehangen, den Hebel im Gleichgewicht erhalten.

Theilen wir diesen sechslöthigen Hebel in 4 Theile: so müssen, zufolge des obigen mechanischen Fundamentalgesetzes, 8 Stücke aufgelegt und 4 dergleichen angehängt werden. Nun wiegt 1 Stück $1\frac{1}{2}$ Loth, und 8 Stücke betragen 12 Loth. Wenn wir demnach im

12ten Versuch 12 Loth auf die Mitte des kurzen, in 4 Theile getheilten Hebels auflegen, oder die Hälfte davon = 6 Loth anhängen: so wird der Hebel balanziren.

Nunmehr können wir wieder einige Versuche über die Kräfte eines verschiedentlich eingetheilten zweyarmigen Hebels anstellen; welche wir jedesmal vorher berechnen wollen.

Es sey demnach eine Last an das Ende des kürzern Arms eines dreytheiligen Hebels anzuhängen. Daselbst müßte die Hälfte der aufzulegenden Stücke, welche hier 3 sind, angehangen werden: so würde der Hebel äquiponderiren; es müßte demnach $1\frac{1}{2}$ Stück angehangen werden. Dieses Gewicht der $1\frac{1}{2}$ Anhängestücke muß von der Last abgezogen und der Rest durch 2 dividirt werden, weil ein so getheilter Hebel die Kraft verdoppelt. Es wird dieses bewiesen durch

den 13ten Versuch: Die Last = 60 Loth, und wird an das Ende des Hebels angehangen. Es wiegt 6 Loth, folglich 1 Drittel 2 Loth. Drey dergleichen Stücke wiegen 6 Loth, davon die Hälfte = 3. Ziehen wir also 3 Loth von 60 ab: so bleibt uns 57, und diese dividirt durch 2, kommen $28\frac{1}{2}$ Loth, womit die Last von 60 Loth erhalten wird.

Hängen wir aber diese Last in die Mitte des kurzen Arms, welches eben so viel ist, als wenn wir sie daselbst auflegten: so müssen wir zuerst 3 gleiche Stücke des Hebels auflegen, um ihn zu

äquilibriren. Nun sind 3 Stücke = 6 Loth Gewicht; es gehen also 6 Loth von der Last von 60 Loth ab, bleiben 54 Loth Last zu überwinden. Nun lehrt aber der Augenschein, daß der dreytheilige Hebel dadurch, wenn die Last auf die Mitte des kurzen Arms applizirt wird, eine ganz andere Eintheilung bekommt. Denn wenn man das Stück des kurzen Arms von dem Mittelpunkt der Last bis zur Unterlage auf den langen Arm forträgt: so ist dasselbe noch 4mal darauf enthalten. Es ist also eben so viel, als wenn der Hebel in 5 Theile getheilt wäre, davon 4 Theile überwiegen. Dividirt man nun mit 4 in die übrig gebliebenen 54 Lothe; so kommen $\left(4 \middle| \overset{12}{54} \middle| 13\tfrac{1}{2}\right)$ $13\frac{1}{2}$ Loth, womit diese Last erhalten wird.

Da man jedoch den Hebel nicht leicht auf diese Art gebraucht: so werden wir auch diese doppelte Berechnung künftig ganz ausser Acht lassen, und seine Wirkung nur jedesmal so berechnen, wie sie sich zeigt, wenn die Last an das Ende des kurzen Arms angehangen wird.

Wenn demnach ein zweyarmiger Hebel in 4 Theile getheilt ist, so, daß 3 Theile den langen und 1 Theil den kurzen Arm ausmachen: so verhält sich die Kraft zur Last, wie 1 zu 3 ÷ des Uebergewichts des langen Arms.

14ter Versuch: Es sey die Last = 60 Loth, der Hebel habe 4 Theile, auf dessen kurzem Arm 8 gleich grosse und schwere Stücke aufgelegt, aber nur 4 angehangen werden

müßten. Nun ist ein solches Stück, weil der Hebel 6 Loth wiegt, = $1\frac{1}{2}$ Loth, folglich wiegen 4 Stücke 6 Loth. Diese von der Last 60 abgezogen, bleiben 54. In diesen Rest mit 3 dividirt giebt 18 Loth; womit die gedachte Last erhalten wird.

Wenn man einen 5theiligen Hebel hat: so verhält sich die Kraft zur Last wie 1 zu 4 ÷ des Uebergewichts des langen Arms.

15ter Versuch: Es sey die Last gleich 60 Loth, der Hebel habe 5 Theile. Auf den kurzen Arm müssen zufolge des oft erwähnten Fundamentalgesetzes 15 gleiche Stücke aufgelegt oder $7\frac{1}{2}$ angehangen werden. Der Hebel wiegt 6 Loth, folglich ist 1 Stück = $1\frac{1}{5}$ Loth: deren $7\frac{1}{2}$ = $8\frac{2}{5}$ Loth. Diese von der Last 60 abgezogen, bleiben $51\frac{3}{5}$. Darein mit 4 dividirt, giebt $12\frac{9}{10}$, also beynahe 13 Loth, wie aus dem Versuch erhellet.

Theilen wir diesen Hebel in 6 gleiche Theile: so stehet die Last mit der Kraft im Gleichgewicht, wenn sich diese zu jener verhält, wie 1 zu 5 ÷ der Ueberwucht des langen Arms.

16ter Versuch: Die Last ist die nämliche. Auf den 6theiligen Hebel aber müßten 24 Stücke aufgelegt und 12 angehangen werden. Wenn der Hebel 6 Loth wiegt, so wiegt 1 Stück 1 Loth und 12 Stücke 12 Loth. Diese von 60 abgezogen, bleiben 48 Loth; darein mit 5 dividirt, kommen $9\frac{3}{5}$ Loth zum Quo-

tienten, womit diese Last erhalten werden kann. (In Ermangelung eines 5tel Loths wurden $9\frac{1}{2}$ Loth genommen, welches etwas zu viel ist.)

Wir theilen den Hebel in 8 Theile, und dann steht die Last mit der Kraft im Gleichgewicht, wenn sich beide mit einander verhalten, wie 1 zu 7, und umgekehrt, ÷ der Ueberwucht des längern Arms.

17ter Versuch: Es sey die Last noch immer = 60. Auf diese Hebel müßten 48 Stücke aufgelegt und 24 angehangen werden. Nun beträgt vom 6löthigen Hebel ein solches Stück $\frac{3}{4}$ Loth. 24 Dreyviertelloth betragen aber 18 Loth. Diese von 60 abgezogen, bleiben 42 Loth. Darein mit 7 dividirt, kommen 6 Loth, womit die Last erhalten wird.

Endlich theilen wir diesen Hebel noch in 12 Theile, und dann wird die Last mit dem 12tel der ihr gleichen Kraft ÷ der Ueberwucht des längern Arms gehalten.

18ter Versuch: Die Last ist wie bisher = 60 Loth; ein 12tel des 6löthigen Hebels wiegt $\frac{1}{2}$ Loth. Auf den kurzen Arm müßten bey diesem Hebel 120 Stücke aufgelegt, oder 60 angehangen werden. Nun machen 60 halbe Lothe 30 ganze, und diese gehen von der Last = 60 ab, bleiben noch 30 Loth Last zu überwinden. Dividiren wir mit 11 in 30: so kommen $2\frac{8}{11}$, welches wir für $2\frac{3}{4}$ Loth annehmen, und dabey einen Ueberschuß haben.

Zu allen diesen Versuchen ist ebenfalls nur eine, nämlich die 11te Figur gezeichnet worden, welche den 15ten Versuch vorstellt; wornach man sich die übrigen leicht selbst denken kann.

Aus diesen Versuchen ist nunmehr auch die Wirkung des zweyarmigen Hebels zur Genüge dargethan. Wir haben nur noch die Regeln zu bemerken, nach welchen man verfahren muß, wenn man bey diesem Hebel Kräfte und Lasten gehörig berechnen will.

Einmal für allemal muß zuvörderst das Gewicht des Hebels selbst bekannt seyn. Damit man wisse, wie schwer ein Theil desselben sey, und dann muß man jedesmal die Anzahl der aufzulegenden oder anzuhängenden Theile aus der Tabelle nehmen.

Hier kann es nun wieder zwey Fälle geben:

1) Aus der bekannten Last nach einer gewissen Eintheilung des Hebels die Kraft — — und

2) Aus der bekannten Kraft die Last zu finden.

1) Die Kraft zu finden, wenn die Last bekannt ist.

a) Man bestimme die Eintheilung des Hebels, und sehe, wie viel dergleichen Theile angehängt werden müßten; diese Theile verwandle man in die Theile des Gewichts des ganzen Hebels.

b) Dieses Gewicht aus der Summe der anzuhängenden Theile ziehe man von der Last ab, und

c) theile mit der Anzahl der Theile des Hebels weniger einen in den Ueberrest, so kommt die Kraft.

Z. B. Es sey das Gewicht eines Hebels = 20 ℔.
und derselbe in 8 gleiche Theile getheilt: so wiegt ein solcher Theil = $2\frac{1}{2}$ ℔.
Auf einen 8theiligen Hebel müßten 48 Stücke aufgelegt und 24 angehangen werden, diese betragen . . . 60 ℔.
Die Last sey . . . . = 900 ℔.
davon abgezogen . . . . . . 60 ℔.
bleiben noch zu überwältigen, Last = 840 ℔.

Weil der Hebel 8 Theile hat, so überwiegen 7 Theile. Wird nun mit 7 in 840 dividirt: so kommen 7|840|120 ℔, womit die Last im Gleichgewicht erhalten werden kann.

Nach dieser Anleitung findet man allemal die benöthigte Kraft, wenn die Last und Schwere des Hebels nebst der Eintheilung desselben bekannt ist.

2) Die Last zu finden, wenn die Kraft nebst dem Hebel bekannt ist.

Zum Beweis der Richtigkeit des anzugebenden Verfahrens wollen wir den vorigen Fall umkehren.

Es sey also z. B. die Kraft . . = 120 ℔.
der Hebel habe 8 Theile, davon ein Theil . . . . = $2\frac{1}{2}$ ℔.
24 Theile des Hebels würden zum Aequilibriren angehangen werden müssen, welche betragen . . . . . . = 60 ℔.

Da die Last 7mal grösser, als die Kraft ist, bey diesem Hebel, so bekommen wir $7 \times 120 = 840$ ℔.

Dazu das Gewicht des Hebels, um welches die Last noch grösser ist . $= 60$ ℔.

So ist folglich die Summe der Last $= 900$ ℔.

Es giebt noch eine Art Hebel, welche man Hebel der dritten Art nennet; wo nämlich die Unterlage an dem einen Ende, die Last an dem andern, und die Kraft zwischen beiden applizirt ist. Sie haben aber nichts Besonders, und man kann sich dieselben ganz so vorstellen, wie den oben erklärten einarmigen Hebel (Vectis homodromus;) auch ist das Verhältniß ihrer Kräfte und Wirkungen ganz das nämliche, wenn man nur Kraft und Last verwechselt, d. i. an die Stelle der Last die Kraft, und an die Stelle der Kraft die Last setzet.

Als Hebel im eigenthümlichen Verstand werden sie selten gebraucht, wohl aber trift man sie in Mühlen und andern zusammengesezten Maschinenwerkern an, wo sie gewöhnlich als Federn zum Drücken und Halten dienen.

Endlich hat man noch eine vierte Art von Hebeln, welche man gebrochene Hebel nennet, die auch unter dem Namen der Winkelhacken bekannt sind. Ihre Eigenschaft richtet sich ganz nach der Eigenschaft des Hebels der ersten Art, und sie brauchen daher keiner weitern Erklärung; denn alles, was von den zweyarmigen Hebeln (siehe

die Erklärung des zweyarmigen Hebels) gesagt wurde, gilt auch hier. Jedoch leidet das eigenthümliche Gewicht des Hebels dabey eine Ausnahme. Gewöhnlich aber sind diese Hebel gleicharmig und rechtwinklich, wie die 12te Figur zeigt, wo a c der eine, und c b der andere Arm, c aber die Unterlage oder der Ruhepunkt ist. In diesem Falle, und wenn der Hebel so steht, daß dessen einer Arm horizontal liegt, hat man nur die eigenthümliche Schwere dieses Arms in Betracht zu ziehen, wenn der Hebel von einiger Grösse ist. Fast immer sind diese Hebel nur sehr klein, und werden am meisten in Orgelwerken, ingleichen zu den Zügen der Klingeln in den Häusern u. s. w. gebraucht. — Hiebey kommt es endlich doch darauf an, daß der Zug der Kraft und der Last mit dem Arm des Hebels allemal einen rechten Winkel mache, und also von a nach e und von b nach d gehe; denn wo das nicht der Fall ist, da ändert sich die Wirkung der Kraft. Dieß leitet uns auf den schiefen Zug der Kräfte, wovon hier nur das Vornehmste kürzlich noch erwähnt werden soll.

Um sich von der Wirkung der Kraft bey dem schiefen Zuge eine allgemeine und deutliche Einsicht, soviel dieß hier ohne mathematische Beweise geschehen kann, zu verschaffen, wollen wir uns einen zweyarmigten, geradlinigten Hebel a b Fig. 13. vorstellen, dessen Ruhepunkt in c ist. Wenn nun in b eine gewisse Last L und in a die Kraft angebracht wäre, und der Zug der Kraft gienge nach der Richtung des Bogens a d e: so

würde die Kraft mit der Last im Gleichgewichte stehen, wenn sie sich zu derselben verhielte, wie der kürzere Arm b c zu dem längern a c. Zöge aber die Kraft k an dem Theile nach der Richtung a f k, dann stünde die vorige Kraft nicht mehr mit eben dieser Last im Gleichgewichte, weil es nun eben so viel wäre, als wenn die Kraft k in g angebracht sey, und nach der Richtung g f k wirkte. Es verhielte sich alsdann die Kraft k zu der Last L wie der Arm g c zu c b, und weil g c gleich ist c f, welche auf dieser Zuglinie perpendikular oder winkelrecht steht: so sagt man, um das Verhältniß der Kräfte zu den Lasten bey dem schiefen Zuge auszudrücken:

„Die Kraft verhält sich zur Last, als wie die Perpendikulare, die man aus dem Ruhepunkte auf die Linie, welche der schiefe Zug beschreibt, sich zu dem kurzen Arm des Hebels verhält.“

Das ist es, was hier ohne weitläuftigere mathematische Erklärung vom schiefen Zuge gesagt werden konnte; das Uebrige muß durch mündliche Belehrung und durch praktische Beweise erläutert werden.

Diese Leztern aber anzustellen, erfodert eine besondere Vorrichtung, die hier nicht wohl angebracht werden konnte. Dafür werde ich bey der Beschreibung des ganzen mechanischen Apparats eine Zeichnung geben, wie eine solche Vorrichtung ungefähr eingerichtet werden müßte.

Uebrigens ist der Hebel das einfachste und eben darum auch das wirksamste Rüstzeug. Das Reiben beträgt bey ihm nur wenig, und die Kraft kann daher fast eben so viel ausrichten, als die Theorie angiebt, welches sich von keiner andern Maschine sagen läßt. Eine seiner nützlichsten Anwendungen ist die Wage. Die Arten, den einfachen Hebel als Rüstzeug zur Verstärkung der Kraft zu gebrauchen, sind unzählbar, und fallen bey einiger Aufmerksamkeit überall in die Augen, wo man Menschen arbeiten sieht. In seiner ganz einfachen Gestalt ist er unter dem Namen des Hebebaums bekannt.

Die größte Unbequemlichkeit beym Gebrauch des einfachen Hebels ist, daß man die Last durch ihn nicht hoch heben kann, weil sein kürzerer Arm nur Kreisbogen von einem sehr kleinen Halbmesser beschreibt, und also die Last kaum um die Grösse eines solchen Halbmessers erhebt. Dieser Unbequemlichkeit abzuhelfen, hat man Vorrichtungen erfunden, wo ein Hebel auf abwechselnden Unterlagen ruhen kann, von denen die folgende immer höher liegt, als die vorhergehende, wobey der Hebel mit der daran befindlichen Last stuffenweis von einer zur andern gebracht wird. Oder man versieht seinen kurzen Arm mit Bügeln, die in eine gezahnte Stange einfallen, und diese mehrmal nach einander, jedesmal um einen Zahn höher heben. Diese Vorrichtungen zusammen begreift man unter dem Namen der Hebladen.

Ausserdem findet der Gebrauch des Hebels und die Anwendung seiner Gesetze im gemeinen Le-

ben bey tausenderley Verfahren Statt, ohne daß man immer darauf Achtung giebt oder diese Gesetze selbst kennet. Der Geißfuß der Maurer, die Ruder, Messer, Scheeren, Zangen, Hammer, Bohrer, die Tasten des Klaviers und dergleichen sind nichts anders, als theils einfache, theils zusammengesezte Hebel. So bestehet die Scheere aus zwey Hebeln, die sich um einen gemeinschaftlichen Ruhepunkt drehen, und wo der Widerstand, den die Theile des zu zerschneidenden Körpers ihrer Trennung entgegensetzen, die Stelle der Last vertritt. Sehr oft wird auch der Hebel so angebracht, daß er die Geschwindigkeit der Bewegungen vergrössern soll, in welchem Falle die Last weiter von dem Ruhepunkte entfernt seyn muß, als die Kraft.

Auch die Muskeln der Menschen und Thiere wirken bey der Bewegung der Glieder ganz nach den Gesetzen des Hebels. Die Natur hat hiebey mehrentheils diejenige Art des einarmigen Hebels gebraucht, bey welcher die zu bewegende Last weiter, als die Kraft entfernt ist, und welchen einige Schriftsteller den Wurfhebel nennen. Hiebey muß nun die Kraft ungemein viel stärker, als die Last seyn; dagegen wird aber auch durch die geringste Bewegung der Kraft der Last eine sehr grosse Geschwindigkeit mitgetheilt; und hierinnen liegt allerdings ein sehr grosser Beweis der göttlichen Allmacht und Weisheit. — Wenn wir z. B. eine Last mit ausgestrecktem Vorderarme halten: so ist der Ruhepunkt im Ellenbogen, und der Vorderarm selbst bildet einen Hebel, gegen den die Last senkrecht wirkt, indessen die Muskelfasern fast mit dem

Hebel parallel laufen, und ihn endlich nur unter einen sehr spitzigen Winkel schneiden. Daher ist die Entfernung der Kraft ungemein viel geringer, als die Entfernung der Last, und die Kraft der Muskeln muß weit grösser seyn, als die Last, die man in dieser Stellung halten kann. Die Natur scheint aber diese Einrichtung darum gewählt zu haben, um den Raum, durch den sich die Kraft bewegen muß, wenn sie der Last eine beträchtliche Geschwindigkeit geben soll, so klein, als möglich, zu machen.

(Ich werde einmal bey einer andern Gelegenheit durch einige Berechnungen die ungeheure Kraft der menschlichen Muskeln durch verschiedene Verrichtungen zeigen, und beschliesse hiemit die Abhandlung von den Hebeln).

II. Der Haspel.

Der Haspel (Peritrochium) ist eine Maschine in Form eines Rades, dessen Radii an einem Zylinder, den man die Welle heißt, fest gemacht werden; wiewohl sie auch bey den gewöhnlichen Haspeln der Maurer und Zimmerleute beweglich sind, und bey jedem fortrückenden Umdrehen in die Löcher der Welle aufs neue eingesteckt werden.

Es ist dieß ebenfalls eine der einfachsten und wirksamsten Maschinen, und wird insgemein so ge-

braucht, daß man um die Welle ein Seil windet, welches durch Umtreibung vermittelst der Kraft weiter aufgewunden wird, und daher eine Last, an die es befestigt ist, erhebt oder fortzieht.

Bey dieser Einrichtung ist zwar die Welle wesentlich nöthig, um das Seil aufzuwinden; das Rad selbst aber kann wegbleiben, weil die Kraft zur Umdrehung der Welle nicht das ganze Rad, sondern nur einen Halbmesser oder Arm desselben nöthig hat.

Liegt die Welle des Haspels horizontal oder wagrecht: so heißt das Rüstzeug ein Haspel, und insbesondere, wenn wirklich ein Rad da ist, an dessen Umfange die Kraft, vermittelst angebrachter Speichen und dergleichen wirkt, ein Radhaspel. Wird die Welle mit Knöbeln oder Haspelhörnern, die an ihrer Axe stecken, umgetrieben: so entsteht der Hornhaspel; werden kreutzweis Stangen durchgesteckt, deren Enden z. B. Menschen mit Händen fortrücken können, der Kreutzhaspel. Steht aber die Welle senkrecht, perpendikulär: so heißt das Rüstzeug eine Winde oder ein Göpel; die niedrigen, welche Lasten auf dem Boden, oder auf schiefen Flächen fortzuziehen dienen, werden Erdwinden genannt. (Von der Wagenwinde wird weiter unten gehandelt werden.)

Da der gemeine Hebel die Unbequemlichkeit hat, daß er die Lasten nur auf eine sehr geringe Höhe erhebt: so hilft die Welle diesem Fehler ab, indem sie durch das Aufwinden des Seiles der

Last alle Augenblicke einen neuen Halbmesser oder neuen Hebel in den Weg bringt, und also unaufhörlich hebt oder fortzieht, bis das Seil völlig aufgewunden ist.

Die Kraft kann auf verschiedne Art am Umfange des Rades angebracht werden. Ist ein wirkliches Rad aus einer festen Materie da: so können Menschen und Thiere darauf treten, oder darinnen herumgehen, wie bey den (Treträdern); man kann Sprossen daran setzen, die mit der Hand fortbewegt werden, wie am Radhaspel, oder eine Schnur darum legen, an der man es herumzieht; man kann es mit Kasten versehen, in welche Wasser von oben herabfällt, oder mit Schaufeln, welche das unten vorbeyfliessende Wasser treibt. Ist kein Rad vorhanden: so wird der Haspel von Menschen bewegt, welche die Kurbeln oder Kreutzstangen umtreiben; die Arme der Winden werden ebenfalls von Menschen umgetrieben, oder von Pferden fortgezogen.

In allen diesen Fällen aber vermag die Kraft am meisten, und ist am vortheilhaftesten angebracht, wenn sie stets senkrecht, oder nach der Richtung der Tangente des Rades wirkt.

Indem nun das Seil einmal umgewunden und also die Last um die Peripherie der Welle fortbewegt wird, muß die Kraft einmal den ganzen Umfang des Rades durchlaufen. Mithin verhalten sich die Räume, welche Kraft und Last in gleichen Zeiten zurücklegen, oder ihre Geschwindigkeiten, wie die Peripherien von Rad und Welle, oder

wie deren Halbmesser, d. i. umgekehrt, wie die im Gleichgewichte stehenden Kräfte selbst. Wenn also 1 Pfund Kraft mit 10 Pfund Last das Gleichgewicht hält: so muß bey wirklicher Bewegung die Kraft durch 10 Schuh fortgehen, wenn die Last um 1 Schuh fortgebracht werden soll. Man verliert daher, wie bey allen Maschinen, an der Geschwindigkeit eben so viel, als man an Kraft gewinnt.

In der Ausübung muß man noch die halbe Dicke des Seiles, woran die Last hängt, zum Halbmesser der Welle rechnen, weil die Richtung des Zugs mitten durch das Seil gehet. Diese Seile sind gewöhnlich so dick, daß dadurch das Moment der Last merklich geändert wird. Noch merklicher wird diese Abweichung, wenn sich das Seil doppelt über einander legt, wodurch der Abstand der Last um $1\frac{1}{2}$ Seildicke wächst.

Wir kommen nun zur nähern Erklärung der Wirkung dieser Maschine, und hier merken wir ein; für allemal, daß, wenn eine Kraft eine Last durch Hülfe eines Haspels oder Winde hält, so verhält sich die Kraft zur Last, wie der Radius der Welle zum Radius des Rades.

Der Beweis davon wird demjenigen, der sich vollkommen an die Gesetze des Hebels erinnert, sehr leicht in die Augen fallen; denn, wenn wir den kleinen Zirkel Fig. 14. Tab. II. als die Peripherie der Welle, und den grössern als die Peripherie des Rades ansehen: so ist die Linie ac

der Radius der Welle, und c b der Radius des Rades. Nun stellt aber a c den kürzern Arm eines Hebels und c b seinen längern vor. Die Unterlage hingegen ist die gemeinschaftliche Axe der Welle und des Rades. Weil demnach die Kraft zur Last bey einem solchen Hebel sich eben so verhält, wie der kürzere Arm zum längern: so verhält sich auch die Kraft zur Last, wie der kleinere Radius der Welle zum grössern des Rades.

Wäre demnach der Radius der Welle 5mal in dem Radio des Rades enthalten: so würde eine gewisse Kraft eine 5mal grössere Last im Gleichgewichte erhalten. Dieß stellt

der 19te Versuch vor. Die Glocke, welche hier die Last ausmacht, wiegt 60 Loth; das an der Welle befindliche Gewicht aber, welches die Kraft vorstellt, wiegt 12 Loth. Nun ist 12 der 5te Theil von 60, und wir sehen, daß die Last mit der Kraft im Gleichgewicht steht.

Weil sich aber auch die Peripherien wie ihre Radii unter einander verhalten: so ist in unserm Falle die Peripherie der Welle 5mal kleiner, als die Peripherie des Rades. — Daraus folgt nun von selbst, daß, wenn sich die Peripherie der Welle, an welcher das Rad mit befestigt ist, 5mal umdrehet, die Peripherie des Rades zwar eben so oft umdrehet, dieses Leztere aber in der nämlichen Zeit auch eine 5mal grössere Geschwindigkeit haben müsse. Folglich, wenn die Kraft an der Peripherie des Rades durch einen gewissen Raum fällt: so steigt die Last an der Welle nur durch

den fünften Theil dieses Raums: welches durch
den 20ten Versuch dargestellt wird. — Was daher an der Kraft gewonnen wird, das geht wieder an der Zeit oder an dem Raume verloren.

In der Anwendung wird jedoch der Haspel und die Winde selten, ausser bey dem Bergbau so gebraucht, wie in diesen beiden Versuchen gezeigt wurde, sondern das Seil, woran die Last hängt, wird gewöhnlich in die Höhe gerichtet, und über eine fest angemachte Rolle gelegt, um die Last bis auf diese Höhe zu erheben. — Wir müssen daher, wenn wir unsere Versuche weiter fortsetzen wollen, noch

von der Rolle.

besonders reden.

Die Rolle oder Flaschenscheibe Fig. 15. ist eine von den sechs einfachen Maschinen oder Potenzen der Mechanik, und bestehet aus einer hölzernen oder metallenen Scheibe, welche sich um eine, durch ihren Mittelpunkt gesteckte, feste Axe drehen läßt. Diese Axe heißt der Polzen, und steckt gewöhnlich in einer Hülse (Flasche), welche vermittelst eines Hackens aufgehangen werden kann. An beiden Enden des um diese Rolle geschlagenen Seiles wirken zwey Kräfte k und l einander entgegen, deren jede durch Fortziehung des Seiles die Rolle nach ihrer Seite umzudrehen strebt.

Dadurch entstehet eine feste Verbindung, an welcher 3 Punkte befindlich sind, deren einer in c

ruht, an der andern a und b aber entgegengesezte Kräfte wirken; und so erhalten wir durch die, in Gedanken mitten durch die Rolle gezogene Linie a c b einen zweyarmigen Hebel, dessen Arme einander gleich, und vom Ruhepunkte c gleichweit entfernt sind. Nun ist aus der Erklärung der Hebel bekannt, daß sich Kräfte und Lasten zu einander verhalten, wie die Arme der Hebel von der Unterlage. Weil sich nun hier das Seil allemal so spannt, daß es von dem Umfange der Rolle aus, geradlinigt nach der Richtung a k b l abgeht: so sind die Entfernungen der Kräfte vom Ruhepunkte unter sich gleich; mithin muß auch die Kraft der Last gleich seyn. Wenn aber die Kraft nach der Richtung d k oder c k wirkt: so sind doch die Arme d c und e c als Radii einander gleich, und folglich müssen auch hier die Kräfte und Lasten in diesem Falle einander gleich seyn. In diesen beiden lezten Fällen stellt die Rolle einen gebrochenen Hebel vor.

Die auf diese Art eingerichtete unbewegliche Rolle gewährt also an der Kraft gar keinen Vortheil. Die Kraft muß der Last gleich seyn, wenn sie diese halten, und noch etwas grösser, wenn sie sie heben soll. Indessen haben diese unbeweglichen Rollen doch den grossen Nutzen, daß man mittelst derselben der Kraft eine beliebige und bequemere Richtung geben kann, als ohne dieselben geschehen könnte. — (Von der beweglichen Rolle reden wir weiter unten.)

Nach dieser Erklärung fahren wir in den Versuchen über die Kräfte des Haspels und der

Winde fort, und führen die Schnur des Haspels nunmehr über die unbewegliche Rolle. Stecken wir anstatt des Rades nur Arme in die Welle und machen also einen Kreutzhaspel, davon jeder Arm den Radius der Welle achtmal in sich enthält: so muß folglich auch die Kraft achtmal dadurch verstärkt werden; es müssen folglich, wenn die Last 60 Loth ist, $7\frac{1}{2}$ Loth Kraft mit derselben im Gleichgewicht stehen, weil 8 in $60 = 7\frac{1}{2}$ enthalten ist; welches durch

den 21sten Versuch bestättigt wird. —

Wäre ein Arm des Haspels oder Radius des Rades zehnmal grösser, als der Radius der Welle: so würde die Kraft, welche wir 1 nennen wollen, eine Last erhalten, welche 10 wäre, u. s. w., wie solches alles aus der Lehre von den Hebeln erhellet, und also keiner weitern Versuche bedarf.

Was wir übrigens hier vom Haspel bemerkt haben, das gilt auch vollkommen von der Winde oder dem Göpel; nur kommt es darauf an, welche von beiden Maschinen zu der vorhabenden Absicht am vortheilhaftesten ist; was sich aus den Umständen ergiebt.

Daß aber die Wirkung der Kraft des Haspels in der Praktik nicht vollkommen mit der Theorie übereinstimmt, das rührt von der Reibung der Zapfen in ihren Pfannen und von der Friktion der Seile her, welche sich zwar manchmal sehr vermindern, aber niemals ganz vermeiden läßt. Wir kommen nun zu der nächstfolgenden mechanischen Maschine.

III. Die Flasche oder der Flaschenzug.

Obgleich der Haspel ziemlich grosse Lasten mit geringer Kraft bewegen kann, wenn er vortheilhaft eingerichtet ist, und ein gehöriges Verhältniß zwischen der Welle und dem Radio seines Rades oder seiner Arme hat: so ist doch seine Wirkung für sich allein nicht immer hinlänglich. Man verbindet ihn daher gewöhnlich mit dem Flaschenzuge, und dann vermehrt sich die Kraft ungemein.

Der Flaschenzug — (Polyspast) ist ein sehr bekanntes Werkzeug, und bestehet aus mehrern Rollen, die in einem Kloben oder Flasche über oder neben einander gesezt werden, und woran die eine Flasche irgendwo unbeweglich angebracht, die andere aber beweglich ist, und sich mit der in die Höhe zu hebenden Last zugleich hebt.

Die obere unbewegliche Flasche verändert in der Kraft der Bewegung nichts, wie wir schon oben bey Erklärung der Rolle gesehen haben; sie ist nur deßwegen da, um den Stricken die gehörige Direktion zu geben, und die Reibung zu verhindern; denn man könnte die Stricke auch um eiserne oder metallene glatte Zapfen oder Ringe laufen lassen. Es mögen also soviel Rollen in

der obern oder in der unbeweglichen Flasche seyn, als wollen: so wird dadurch die Kraft um nichts verstärkt. Wir haben demnach nur die untere bewegliche Flasche mit ihren Rollen zu betrachten.

Wir wollen, um diese Gesetze einzusehen, zuerst eine einzige bewegliche Flasche oder Rolle nehmen. Es sey also Fig. 16. bey a ein Strick festgemacht, der um die bewegliche Rolle b c d gehet, und in k sey eine Kraft, welche den Strick und mit ihm die Rolle, zugleich aber auch die Last l hebt. Gedenken wir uns anstatt der Rolle ihren Durchmesser b d als eine Linie: so stellt diese Linie einen einarmigen oder einen Hebel der zweyten Art vor, in dessen Mitte c die Last l hängt. Nun wird durch einen solchen Hebel die Last allemal um die Hälfte ihres Gewichtes erleichtert, wie oben bey dem 10ten Versuche gezeigt wurde.

Es wirkt aber der um die Rolle gehende Strick eben so, als ob er nur in dem Punkte b und d angebracht wäre; folglich macht diese Rolle einen einarmigen Hebel, und ihre Wirkung ist die nämliche, wie bey diesem. Dabey aber wird erfodert, daß die Stricke mit einander parallel laufen; denn wo das nicht wäre, da würde die Wirkung der Kraft vermindert, wie aus der Lehre vom schiefen Zuge erhellet und hier noch durch eine Zeichnung erläutert werden soll.

Es sey nämlich Fig. 17. in a ein Strick befestigt, der um die Rolle b c d gehet, die Richtung des andern Theils dieses Strickes läuft aber

nicht mit dem ersten parallel, sondern nach h, wo die Kraft wirkt. Wenn nun b d der Durchmesser der Rolle ist: so stellt die Linie d f zwar auch einen einarmigen Hebel vor, der aber eine ganz andere Eintheilung hat, welche sich aus den Perpendikularen ergiebt, die man aus dem Ruhepunkte d auf die Direktionslinie der Last — c i und aus eben diesem Punkte d auf die Direktionslinie der Kraft f h fallen läßt.

Ohne mathematische Beweise muß man sich die Sache so vorstellen: es wird nämlich der Theil des Hebels von dem Punkte, wo die Last hängt, bis zu dem Punkte, wo die Kraft wirkt, kürzer, als der Theil von der Unterlage bis zur Last, und darum vermindert sich auch die Kraft.

Sollen also die beweglichen Rollen ihre ganze und größte Wirksamkeit haben: so müssen die Stricke allezeit parallel mit einander laufen. Ob übrigens die Rollen selbst noch so groß oder noch so klein sind, daran liegt nichts, denn das Verhältniß der Kraft bleibt immer dasselbe. Aber den Vortheil hat eine grosse Rolle, daß sie die Friktion mehr vermindert, als eine kleine.

Vorausgesezt nun, daß die Stricke bey einer beweglichen Rolle allemal parallel mit einander laufen: so ist demnach die Wirkung der Kraft allemal der Hälfte der Last gleich (die Reibung abgerechnet). Das ist eben so viel, als ob ich sage, die Kraft wird verdoppelt. Wo man also eine gewisse Last vermittelst einer beweglichen Rolle, welche an die Last befe-

stigt seyn muß, im Gleichgewichte erhalten will: da braucht man nur halb so viel Kraft, als die Last beträgt, und wenn die Last wirklich bewegt werden soll: so darf die Kraft nur ein wenig mehr, als die Hälfte der Last betragen.

Dieses bestättigt der 22ste Versuch.

Um diesen Versuch anzustellen, wüssen wir erst das Gewicht der beweglichen Rolle selbst wissen, weil die Kraft dieses Gewicht mit der Last zugleich erhalten oder heben muß. Dieses beträgt $2\frac{1}{2}$ Loth. Die Glocke wiegt 60 Loth, dazu die Rolle $2\frac{1}{2}$ Loth, haben wir also $62\frac{1}{2}$ Loth Last zu erhalten.

Davon ist Hälfte $31\frac{1}{4}$, womit wir also die Last erhalten. Hängen wir noch $\frac{1}{4}$ oder $\frac{1}{2}$ Loth Kraft mehr an: so muß eine wirkliche Bewegung erfolgen, wenn die Reibung es nicht verhindert.

Sehen wir bey der wirklich erfolgten Bewegung auf die Räume, welche Kraft und Last in gleicher Zeit durchlaufen: so bemerken wir hier ebenfalls das schon mehrmals erwähnte Verhältniß, wie zwischen Kraft und Last; denn wir sehen, daß, indem die Kraft den Raum, den wir an dem Maasstabe mit a b bezeichnen, durchläuft, die Last nur durch die Hälfte dieses Raumes sich bewegt. Es gilt also auch hier der Satz: So viel man an der Kraft gewinnt, so viel geht an der Zeit und am Raume verloren.

Verbinden wir nun — was zwar in die Lehre von zusammengesezten Maschinen gehört, aber doch

hier füglich mitgenommen werden kann; — verbinden wir nun die Flasche oder Rolle mit dem Haspel: so wird dadurch die Kraft des leztern um sehr vieles vermehrt, wie wir aus den folgenden Versuchen sehen werden.

Nach dem 19ten Versuche wurde die Kraft durch den Haspel, dessen Rad die Welle 5mal übertrift, auch 5mal vermehrt. Führen wir nun die Schnur über die unbewegliche Rolle, und verbinden damit die bewegliche Rolle, an welcher die Last hängt: so muß die Kraft 2 ⋈ 5, d. i. um 10 vermehrt werden; denn da sie durch den Haspel allein schon um 5mal vermehret wird, und die bewegliche Rolle die Kraft noch um 2 vermehrt: so haben wir also 2 ⋈ 5. Oder deutlicher: die Last wird durch den Haspel gleichsam auf ein 5tel ihrer ganzen Schwere vermindert; da sie nun vorhin 60 Loth war: so beträgt sie izt nur noch 12 Loth. Die Rolle vermindert die Last wieder um die Hälfte, also behalten wir nur noch 6 Loth, es sind aber 6 Loth der 10te Theil von 60: also ist die Kraft durch die Verbindung des Haspels mit der Rolle um 10 vermehrt, wie

der 23ste Versuch beweist; wobey jedoch das eigenthümliche Gewicht der Rolle noch besonders, und zwar nunmehr so berechnet werden muß, daß der Haspel durch seine eigne Kraft die $2\frac{1}{2}$ Loth Gewicht der Rolle ebenfalls bis auf ein 5tel vermindert, so daß nur noch $\frac{1}{5}$ von $2\frac{1}{2}$ Loth (= $\frac{1}{2}$ Loth) zur Last der Glocke gerechnet werden darf, welches wir hier

als sehr unbedeutend ausser Acht lassen. Wir sehen also, daß 6 Loth Kraft mit 60 Loth Last im Gleichgewichte stehen.

Wäre ein Arm des Haspels oder der Radius des Rades 10mal grösser, als der Radius der Welle: so würde die Kraft 10mal verstärkt, oder die Last 10mal verringert; es würden also 6 Loth Kraft mit 60 Loth Last schon bey dem blossen Hebel im Gleichgewichte stehen. Wird nun auch die Rolle damit verbunden, so wird die Kraft noch um 2 vermehrt, das ist: sie wird 20mal grösser, und also halten 3 Loth Kraft einer Last von 60 Loth das Gleichgewicht: und die Schwere der Rolle von $2\frac{1}{2}$ Loth, ist durch den Haspel ebenfalls bis auf $\frac{1}{10}$ vermindert, so daß dieselbe izt nur noch 1 Quint beträgt; wovon uns

der 24te Versuch überzeugt. —

Es ist nun aber auch der Raum, durch den die Last sich erhebt, auf den 20sten Theil des Raums, durch den die Kraft fällt, vermindert, und wenn diese 20 Schuh gefallen wäre: so würde die Last nur um 1 Schuh gehoben worden seyn. —

Bisher verbanden wir den Haspel nur mit Einer beweglichen Rolle: wir wollen nun sehen, wie groß seine Wirkung seyn wird, wenn wir ihn mit einem Flaschenzuge von 3 beweglichen Rollen verbinden.

Daß die unbeweglichen Rollen in der Kraft nichts ändern, das ist schon gesagt und erwiesen

worden; wir bleiben also bey den beweglichen stehen. Nun würde die Kraft bey Einer beweglichen Rolle um noch einmal so viel verstärkt, und also wird sie bey 3 Rollen 6mal vermehrt werden. Man drückt das mathematisch also aus: Wenn eine Kraft eine Last durch Hülfe eines Flaschenzugs hält: so verhält sich die Kraft zur Last, als wie die Einheit zur doppelten Anzahl der beweglichen Flaschenscheiben.

Von der Richtigkeit dieses Satzes wird uns

der 25ste Versuch überzeugen. Die Last ist 60 Loth; da nun durch diesen Flaschenzug die Kraft 6mal vermehrt wird: so werden folglich 10 Loth Kraft im Stande seyn, die Last von 60 Loth zu erhalten. Verbinden wir den Haspel mit dem Flaschenzuge, welcher nach seiner erstern Einrichtung schon für sich die Kraft 5mal vermehrt: so bekommen wir nunmehr $5 \times 6 = 30$ zur Kraft, d. i. die Einheit der Kraft ist 30mal vermehrt. Nun sind aber 2 Loth der 30ste Theil von 60; also werden auch 2 Loth Kraft die Last von 60 Loth erhalten.

In der Theorie sollte nun der kleinste Ueberschuß von Kraft die Last sogleich bewegen. Allein, je mehr wir Maschinen mit einander verbinden, desto mehr befördern wir auch die Reibung, und folglich müssen wir schon etwas mehr Kraft anwenden, um eine wirkliche Bewegung zu erhalten. —

Verbinden wir diese Flasche mit dem Haspel, wenn einer seiner Arme 10mal so groß, als der Durchmesser der Welle ist, in welchem Falle die Kraft des Haspels 10mal vermehrt wird: so wird nun die ganze Kraft 10 ⋊ 6 = 60 werden. Da nun die Last = 60 Loth: so wird eine Kraft von 1 Loth mit derselben im Gleichgewichte stehen.

Da also durch Verbindung eines solchen Haspels und Flaschenzuges die Kraft 60mal vermehrt wird, und ein Mensch nach seiner mittlern Kraft, wenn er eine Last von oben herabziehet, ungefähr 50 — 60 Pfund Kraft anwenden kann; so könnte folglich ein Mann eine Last von 50 ⋊ 60 ℔. = 3000 Pfunden durch diese Maschine bewegen, und wenn 5, 6, 8 Menschen angelegt würden: so würde auch eine 5, 6, 8mal grössere Last, als die obigen 3000 Pfunde, bewegt werden können. Aber man muß hiebey nicht vergessen, daß 1) je grösser die Lasten sind, desto grösser und stärker müssen auch die Maschinen seyn; und sind sie das, so ist 2) die Reibung stärker, und sie wird oft so merklich, daß ein grosser Theil der Kraft blos zur Ueberwindung der Friktion verloren gehet. Endlich 3) ist auch der Umstand von grosser Bedeutung, daß nämlich allemal so viel an Zeit und Geschwindigkeit oder an Raum verloren geht, als an der Kraft gewonnen wird. Nach unserm leztern Beyspiele würden folglich 60 Schuh Strick oder Seil aufgewunden werden müssen, bis sich die Last nur um 1 Schuh erheben würde. —

Dieß ist das natürliche Impedimentum, welches verursacht, daß man die Maschinen in der Praktik nicht immer so anwenden kann, wie sie sich in der Theorie zeigen, und daß sie in der Wirklichkeit die Kräfte nicht haben, die sich in der Berechnung ergeben. Wäre das nicht, so liessen sich sehr leicht Maschinen mit einander verbinden, wodurch eine gewisse Kraft viele tausendmal vermehrt werden könnte; und davon werden wir uns in dem Folgenden noch weiter überzeugen.

Die nun folgende einfache Maschine ist die Schraube.

IV. Die Schraube.

Ist unter allen Maschinen diejenige, welche die bewegende Kraft am meisten verstärkt, wenn man sich nämlich eines Hebels bedient, dieselbe zu bewegen.

So bekannt die Schraube ist: so wird es doch des Folgenden wegen sehr gut seyn, sie hier noch etwas genauer zu beschreiben.

Wenn man einen Zylinder oder Walze hat, Fig. 18., dessen Höhe b d in eine gleiche Anzahl Theile getheilt ist, und man auf einen jeden Theilungspunkt, als i und h, Perpendikularen f e und h g aufrichtet, die man alle der Cirkumferenz des Zylinders gleich macht, und man noch

die Linien eb und gf ziehet, u. s. w. so bekommt man so viel rechtwinkliche Dreiecke bfe, und fhg, als sich gleiche Theile in der Höhe bd befinden. Wenn man nun alle diese Dreiecke um den Cylinder herum windet: so kommt der Punkt e in f, und der Punkt g in h u. s. f. und also formiren alle diese schiefen Linien, welche man Hypothenusen nennt, als be und fg zusammengenommen auf dem Cylinder eine Spirallinie, die in b ihren Anfang nimmt, und sich in d endiget; oder man kann auch sagen, daß diese Hypothenusen die Gewinde oder Gänge der Schraube, und die Höhe bf und fh ihre Distanze vorstellen. Also kann man sagen: die Schraube ist ein Cylinder, um welchen rechtwinkliche Dreiecke gewunden, deren Hypothenusen be und fg die Gänge, die Höhen bf und hf aber die Distanzen der Gänge, und die Grundlinien ef und gh den Umkreis des Cylinders vorstellen.

Diese Beschreibung der Schraube kann folglich denjenigen Künstlern, welche dergleichen Werkzeuge machen, und weiter darüber nachdenken wollen, zu einer Anleitung dienen, eine jede beliebige oder verlangte Schraube nach Berechnungen zu verfertigen, worüber jedoch am Ende dieser Abhandluug noch eine besondere Anleitung gegeben werden soll.

Wir kommen nun zu der Erklärung der Kraft, welche die Schraube bey ihrem Gebrauche leistet; und hier müssen wir uns indessen, bis wir bey der Erklärung der schiefen Fläche uns von diesem mecha-

nischen Gesetze vollkommener werden überzeugt haben, mit folgender Erklärung begnügen:

Es verhält sich nämlich bey der Schraube die Kraft zur Last, als wie die Distanz zweier Gänge zur Circumferenz des Zirkels, welche die bewegende Kraft beschreibt.

Das heißt mit andern Worten so viel: Wenn man die Distanz, die zwischen zween Gängen einer jeden Schraube befindlich ist, mit einem Maase abnimmt oder mißt, und dieses Maas gegen die Peripherie vergleicht, welche die Kraft beschreibt, wodurch die Schraube bewegt wird, so hat man zwischen diesen Gängen und der Peripherie ein gewisses Verhältniß, und in eben diesem Verhältnisse stehet auch die Kraft zur Last.

Wenn also die sogenannte Mutter einer Schraube irgendwo unbeweglich fest gemacht ist, so daß in ihr die Schraubenspindel sich bewegt, an welcher die Last angebracht ist, und wenn in den Kopf der Schraube ein Arm oder Hebel eingesteckt wäre, an welchem die Kraft die Schraube bewegt, so wird sich die Kraft eben so zur Last verhalten, wie sich die Entfernung zweier Gänge zu der Peripherie verhält, welche diese Kraft bey der Umdrehung beschreibt.

Wir wollen uns sogleich von dieser mechanischen Wahrheit durch einen Versuch an unserer dazu verfertigten Schraube deutlicher überzeugen.

Die Entfernung zweier Gänge beträgt genau $\frac{1}{2}$ Zoll; das Rad aber, woran die Schnur gehet,

vermittelst welcher die Kraft wirkt, hat im Durchmesser 7 Zolle, oder um ein gleiches Maas zu geben, 14 halbe Zolle.

Nun müssen wir aber zuerst die Peripherie (den Umkreis oder Zirkel) suchen, den ein 14 halbe Zoll grosses Rad beschreibt, und diese finden wir nach den Grundsätzen der Geometrie also: wenn wir sagen:

Wie sich verhalten 100 zu 314, so verhält sich unser bekannter Durchmesser des Rades von 14 halben Zollen zu der noch unbekannten Peripherie.

$$100 : 314 = 14 : x$$

$$\begin{array}{r} 14 \\ \hline 1256 \\ 314 \\ \hline 100 | 43|96| = 43 \tfrac{24}{25} \text{ halbe Zolle.} \\ 100 \end{array}$$

Da also nur noch $\frac{1}{25}$ eines halben Zolles fehlt, so wollen wir sagen 44 halbe oder 22 ganze Zolle, weil es bey unsern Versuchen auf solche strenge Richtigkeiten nicht ankommt.

Weil sich nun bey einer Schraube die Kraft zur Last verhält, wie die Entfernung zweier Gänge zu dem Umkreis, welchen die bewegende Kraft beschreibt; und weil bey unserer zu dem Versuch gefertigten Schraube das durch die Berechnung gefundene Verhältniß der Entfernung zweier Gänge zur Peripherie der bewegenden Kraft beynahe gleich ist wie 1 zu 44: so muß folglich bey dieser Schraube

mit einer Kraft von 1 Pfund oder Centner eine 44mal grössere Last im Gleichgewichte erhalten werden können.

Sehen wir hierbey wieder auf das mehrmals angegebene Verhältniß der Geschwindigkeiten zurück, so finden wir dasselbe auch hier. Denn wenn das Rad einmal herum gekommen ist, so hat sich auch die Schraubenspindel einmal umgewendet. Nun hat das Rad einen Raum von beynahe 44 halben Zollen durchlaufen, da indessen nur ein Gewinde von ½ Zoll f rtgerückt ist. Es wird demnach eine Last nur ½ Zoll gehoben worden seyn, wenn sich an dem Rade hingegen 44 halbe Zoll Schnure abgewickelt haben, oder die Kraft um so viel herab gestiegen ist. Also verhält sich auch bey der Schraube die Kraft zur Last wie die Zeiten oder Geschwindigkeiten der Kräfte und Lasten.

Wenn man also annimmt, die Mutter einer Schraube sey unbeweglich, da hingegen die Schraube durch ihre Bewegung die Last aufhebt: so muß sich auch die Kraft, welche an dem Rade wirkt, selbst bewegen. Nun in der Zeit, als die Kraft die Circumferenz beschreibt, dreht sich auch die Schraube völlig herum, und ist um die Distanz zweier Schraubengänge gestiegen oder fortgerückt. Also wird der Weg oder die Geschwindigkeit der Kraft durch die Circumferenz des Rades, und der Weg oder die Geschwindigkeit der Last durch die Distanz zweier Gänge vorgestellt. Da sich nun in dem Stande des Gleichgewichts die Kraft zur Last verhält, als wie sich umgekehrt die Geschwindigkei-

ten gegen einander verhalten: so verhält sich auch die Kraft zur Last als wie die Distanz zweier Gänge sich zur Circumferenz verhält.

Dieß wird nun hinlänglich seyn, die Gesetze der Schraube und ihre Kräfte vollkommen zu verstehen.

Daraus ersehen wir aber auch sogleich, daß, wenn ein Rad, oder auch nur ein Arm oder Hebel, womit man eine Schraube drehet, der nämliche bleibt, die Gänge der einen Schraube aber noch einmal so nahe an einander sind, als die Gänge der andern, auch die Kraft dieser Schraube doppelt so groß seyn muß, als die Kraft einer andern: und daß folglich diejenige Schraube die größte Kraft hat, deren Gänge möglichst nahe beysammen, der Hebel oder Arm aber möglichst lang ist, und also die größte Circumferenz beschreibt.

Wenn demnach bey unserer Experimentalschraube das Rad noch einmal so groß, oder die Gänge derselben noch einmal so eng beysammen wären, so würde diese Schraube auch noch einmal soviel Kraft haben.

Stellen wir nun

den 26sten Versuch wirklich an, wo wir an die bewegliche Mutter der Schraube die 60 Loth schwere Glocke hängen, so sollte dieselbe mit dem 44sten Theil dieses Gewichtes als Kraft erhalten, ja schon bewegt werden. Dieser 44ste Theil von 60 Loth beträgt $1\frac{4}{11}$ Loth. Allein obgleich die Schraube keine Bewegung zeigt, so können wir das doch nicht für den

wahren Zustand des Gleichgewichts ansehen, weil sonst bey dem kleinsten Zusatz von Kraft, eine wirkliche Bewegung erfolgen müßte, welches aber nicht geschiehet, wenn wir auch noch einige Lothe anhängen.

(Anmerkung. Es waren bey dem Versuch schon 4 Loth nöthig, um die Schraube nur ledig, und ohne angehängte Last zu bewegen, und noch 4 Loth, um sie mit dem angehängten Gewichte von 60 Loth in Bewegung zu setzen. So stark ist die Reibung bey dieser übrigens mit allem Fleiße gemachten Maschine.)

Diese Unbeweglichkeit ist also eine Folge der Reibung, welche bey der Schraube am größten ist; und es wird sich daher die Richtigkeit des mechanischen Gesetzes bey der Schraube nie durch Versuche zeigen lassen, sondern man wird sich blos mit der theoretischen und auf Berechnung gegründeten Angabe begnügen müssen. Wir werden uns aber — wie schon oben erwähnt wurde — bey der Erklärung der schiefen Fläche noch deutlicher und gewisser von der Wahrheit des angegebenen Verhältnisses überzeugen.

Welche erstaunliche und fast unbegreifliche Gewalt jedoch die Schraube hat, sehen wir, wenn die Maurer und Zimmerleute durch Hülfe derselben ganze Häuser, wenn sie gesunken waren, in die Höhe winden. Ferner zeigt sich die unbeschreibliche Gewalt derselben vornehmlich bey den Druck- und Prägwerken, dem sogenannten Anwurf in den Münzstätten, bey den Buchdruckerpressen, und bey unzählig andern Gelegenheiten.

Die Reibung, welche — wie schon oben gedacht worden — bey der Schraube am stärksten ist, und welche uns daher durchaus hindert, das Verhältniß der Kraft zur Last durch praktische Versuche richtig und einstimmend zu erweisen, — diese Reibung kommt uns hingegen bey eben diesem Werkzeuge ungemein sehr zu statten. Wäre diese Reibung nicht, so würden wir durch Schrauben die Körper nicht so fest mit einander verbinden können, als es gewöhnlich geschiehet, und wir würden also einer unzähligen Menge von Vortheilen und Bequemlichkeiten entbehren, welche uns die Schraube durch ihre Reibung verschaft.

Es giebt noch eine besondere Art von Schrauben, deren Wirkung noch grösser wird, wenn man sie mit einem gezahnten Stirnrade verbindet. Man nennt sie die ewige Schraube, oder die Schraube ohne Ende. Da sie aber unter die zusammengesetzten Maschinen gehört, so verspare ich ihre Erklärung bis ich von den zusammengesetzten Maschinen reden werde.

Dagegen will ich nun — und besonders einigen meiner dahiesigen Mitbürger, welche sich mit Verfertigung dieser Maschinen beschäftigen, die versprochene Anleitungen geben, wie sie eine jede Art von Schraube nach einer verlangten Angabe fertigen können; wobey jedoch die Ausarbeitung selbst ihrer eigenen Geschicklichkeit überlassen bleibt.

Gesetzt also, es würde eine Schraube verlangt, welche bey einer vorgeschriebenen Stärke der Schraubenspindel, eine gewisse Anzahl von Gewinden nach

einer bestimmten Distanz der Gänge haben sollte. — Wir wollen also zur bessern Deutlichkeit einen zwar sehr leichten, aber doch bestimmten Fall setzen, und annehmen, es werde eine Schraube verlangt, deren Spindel im Durchmesser 2 Zoll, in der Länge 8 Zoll halten, und davon jeder Gang $\frac{1}{4}$ Zoll — folglich die ganze Spindel 32 Gänge haben sollte. — Ob sie von Holz oder Metall gemacht werden müsse, das kommt auf Umstände und auf die Absicht des Gebrauchs an; ich kann nur aufs Allgemeine mich einlassen.

Man kann zwar sehr geschwind wegkommen, wenn man sich eine Spindel drehet, welche nach dem Tasterzirkel 2 Zoll dick und 8 Zoll lang ist, und dann 32 Theile darauf absetzt. Allein die Aufgabe könnte auch wohl schwerer seyn, und darum ists besser, sich an folgende Methode zu gewöhnen:

Man spanne ein Stück starkes und feines Zeichenpapier auf ein Bret, ziehe darauf eine perpendikuläre Linie, wie ab Fig. 19, von ohngefähr 9 Zoll, und theile diese Linie in die verlangten 32 Theile, jeden zu $\frac{1}{4}$ Zoll. Nun rechne man also: Wie sich verhalten 100 : 314, so verhalten sich 2 Zoll Durchmesser zu dem Umkreis, den die Spindel haben muß. Weil ein Zoll gewöhnlich in 12 Linien eingetheilt wird, so sage man also: Wie 100 : 314 also 24 Linien zu dem Umkreis der nun in Linien oder 12 Theilen eines Zolles kommt. Nach der Regel de Tri wird also gerechnet:

$$100 : 314 = 24 : x$$

$$\begin{array}{r} 24 \\ \hline 1256 \\ 628 \\ \hline \end{array}$$

100 |75|36| 75 Linien und $\frac{9}{25}$ Linie, (welche man aber weglassen kann).

Nun ziehe man an der Linie ab oben und unten winkelrecht die Linien ac und bd, etwas lang, und trage von dem Maasstabe 75 Linien aus a nach c, und aus b nach d, und ziehe nun auch die Linie cd, auf welche man eben die 32 Theile wie auf ab trägt.

Hierauf ziehe man aus dem Punkt d nach no. 1, die schräge Linie, und aus jedem folgenden Punkte über d nach 2, 3, 4 u. s. w. die schrägen Linien, wie aus der Figur zu ersehen ist.

Nach diesem Papier drehe man sich eine Spindel aus Holz oder Metall, so, daß das Papier genau darum gelegt werden kann, und befestige es. Nun hat man eine vollkommen richtige Lehre, nach welcher man die Schraube einschneiden kann. Ob die Schraubengänge aber scharf oder flach, und ob sie dünner oder dicker werden sollen, das kommt ebenfalls auf Nebenumstände an.

Ich glaube diese kurze Anleitung werde so hinlänglich deutlich seyn, daß jeder geschickte Künstler und Professionist darnach eine jede verlangte Schraube werde verfertigen können.

Man hat noch eine andere Art von Schrauben, welche durch ihre Umdrehungen sehr kleine Theile eines gewissen Längenmaases, oder auch Theile eines

Zirkelgrades angeben, und deshalb Mikrometerschrauben genannt werden.

Von der ersten Art ist die Maschine der Uhrmacher, womit sie die sogenannte Schnecke in die Uhr einschneiden; denn auch diese dreht mit jedem Umgang die Schneidmaschine um eine gewisse Länge fort. Mikrometerschrauben aber fertigt der berühmte Ramsden in England in der größten Vollkommenheit. Ob nun wohl dergleichen Arbeiten nicht so leicht bey dem Professionisten vorkommen, auch hier keine vollständige Anweisung gegeben werden kann, wie solche Theilmaschinen gemacht werden müssen; so werde ich doch wenigstens einige Fingerzeige geben, welche ein geschickter Künstler zu seinem Vortheile leicht weiter wird benutzen können.

Wenn z. B. eine Schraubenspindel, welche in einer befestigten Mutter gehet, 12 sehr accurate Gewinde oder Gänge hat, die zusammen genommen genau die Länge eines Zolles betragen; so ist klar, daß bey jedem Umgange $\frac{1}{12}$ eines Zolles, das ist eine Linie fortgerückt werde. Brächte man nun vorne an der Schraube noch eine in 12 Theile getheilte Scheibe, und an die Spindel einen Zeiger an, so würde man $\frac{1}{12}$ einer Linie oder $\frac{1}{144}$ Theil eines Zolles messen können.

Es versteht sich aber, daß eine solche Schraube äusserst accurat müßte gemacht werden, wenn sie die verlangten Dienste thun soll.

Einer solchen, aber ganz anders eingetheilten Schraube, bedient sich auch Ramsden bey der Verfertigung seiner grossen Theilmaschinen und Win-

kelmesser für die Mathematiker, und meine Leser werden leicht einsehen, daß eine solche Schraube bey sehr mannigfaltigen Gelegenheiten mit grossem Vortheil müsse gebraucht werden können, je nachdem sie zu dieser oder jener Absicht gehörig eingerichtet wird. — So würden z. B. Zirkelschmiede, welche verjüngte Maasstäbe machen, leicht eine solche Schraubenmaschine erfinden können, vermittelst welcher sie ihre Arbeiten weit leichter und richtiger theilen könnten, als sie es aus freier Hand im Stande sind, u. a. m.

Wir kommen nun zur Erklärung der folgenden Maschine.

V. Die schiefe Fläche.

Diejenigen meiner Leser, welche die ersten Vorlesungen über die Mechanik selbst gehöret haben, werden sich an die Gesetze des Falles, und an das, was ich vom Schwerpunkte sagte, erinnern, und für diejenigen, welche diese Erklärungen nicht gehöret haben, werde ich, — am Ende dieses Büchleins — das Nöthigste noch beyfügen.

Indessen wissen wir doch alle, daß ein Körper, der auf eine schiefe Fläche gesetzt wird, wenn die Fläche sehr schräg ist, entweder umfällt, oder doch, wenn er und die Fläche selbst glatt genug sind, herabglitscht, oder herabrollt, wenn er rund ist. Die Ursachen davon liegen in der Schwere und dem verän-

derten Schwerpunkte, und davon kann ich nun jetzt nicht weiter reden.

Es fragt sich aber, mit welcher Kraft strebt denn der Körper auf der schiefen Fläche herabzurollen, oder was für eine Kraft wird erfordert, ihn auf dieser schiefen Fläche zu erhalten, wenn er selbst ein gewisses Gewicht hat, und die Schiefe bald grösser, bald geringer ist? —

Ein auf Berechnungen oder Erfahrung gegründetes allgemeines Gesetz und gewisse bestimmte Regeln mußten allerdings sehr vortheilhaft für mancherley Verhältnisse des bürgerlichen Lebens seyn, und darum hat man sich Mühe gegeben, diese Gesetze zu untersuchen.

Die gemeine Erfahrung lehret es schon, daß die Kraft, welche einen Körper auf einer schiefen Fläche erhalten soll, nicht dem ganzen Gewichte des sinkenden Körpers gleich seyn dürfe. Ein Mensch z. B. der mit allen Leibeskräften kein Gewicht von 100 Pfunden halten würde, wird es thun können, wenn dasselbe an der Lehne einer schrägen Fläche liegt, ja sogar ein Kind wird diese 100 Pfund hinauf ziehen können, wenn die Fläche nicht sehr schief ist.

Ein Mensch kann eine sanft bergan gehende Reise Tagelang fortsetzen, ohne sonderlich zu ermüden, aber einen steilen Berg hinauf zu steigen erfordert eine bald ermüdende Anstrengung. Eben so ist es mit den Pferden und allen andern Thieren, welche Lasten einen Berg hinauf zu schaffen haben, beschaffen.

Das Resultat von allem diesen ist: daß, je steiler die schiefe Fläche wird, desto mehr Kraft wird erfordert, eine Last auf derselben zu erhalten, oder sie hinaufzuziehen.

Nun hat man aus der Lehre von den Hebeln, verbunden mit trigonometrischen Sätzen, endlich das Resultat heraus gebracht, daß sich bey einer schiefen Fläche die Kraft zur Last eben so verhalte, wie die Höhe der schiefen Fläche zu der Länge derselben.

Hierbey ist aber der Umstand zu merken: Wenn nämlich der Zug der Kraft, welche die Last erhalten oder bewegen soll, mit der schiefen Fläche selbst parallel geht.

Gesetzt also, der Körper D Fig. 20. wiege 24 Pfund, die Länge der Fläche AB betrage 18 Fuß, und die Höhe BC 6 Fuß, so wird eine Kraft von 8 Pfund P den Körper D auf dieser Fläche erhalten; denn so oft die Höhe von 6′ in der Länge von 18′ enthalten ist, nämlich 3mal; so oft ist auch die Kraft von 8 Pfunden in der Last von 24 Pfunden (auch 3mal) enthalten. Der Zug der Kraft geht aber parallel mit der Fläche AB.

Der 27ste Versuch wird uns von der Richtigkeit dieses Satzes überzeugen.

Die schiefe Fläche ist lang 18 Zoll, die Höhe derselben 6 Zoll, die auf denselben liegende Walze wiegt 60 Loth. Wir werden also 20 Loth Gewicht nöthig haben, um diese Last zu erhalten — wie der Erfolg zeigt.

Bey dem folgenden 28sten Versuch machen wir die Fläche noch schiefer, indem wir sie bis auf 9'' erhöhen, wobey aber ihre Länge dieselbe bleibt. Nun — da sich itzt die Höhe zur Länge verhält wie 1 zu 2, so muß auch die Kraft zur Last sich eben so verhalten, d. i. wenn die Last = 60 Loth, so muß die Kraft = 30 Loth, wie abermal der Erfolg zeigt.

Aus diesen beyden Versuchen ersehen wir denn zur Genüge, daß sich die Kraft zur Last auf einer schiefen Fläche jederzeit so verhält, wie die Höhe zur Länge, wenn der Zug der Kraft mit der Last parallel ist.

Ich muß hier zum bessern Verständniß des Folgenden nur einige sehr leichte geometrische Sätze vorausschicken, welche folgende sind: — Wenn zwey Linien sich gegen einander neigen, und in einem Punkte vereinigen, so schliessen sie einen spitzigen Raum ein, welchen man Winkel nennt. Die Winkel mißt man nach Graden an einem Instrument, das Transporteur heißt.

Neigen sich nun zwei Linien mehr gegen einander, so wird der Winkel kleiner, und die schiefe Fläche geringer; neigen sie sich aber weniger, so wird der Winkel grösser, und auch die schiefe Fläche. Wenn die eine Linie sich so weit in die Höhe begiebt, daß sie mit der andern einen rechten Winkel macht, welche 90 Grade hält, so hört die schiefe Fläche auf, und die Last schwebt dann frei.

Die schiefe Fläche macht also mit der Fläche des Gestelles der Maschine einen gewissen Winkel,

welcher im ersten Fall — nach dem 27sten Versuch 20, und nach dem 28sten Versuch 30 Grad beträgt.

Meine Leser brauchen nun weiter nichts, als zu merken, daß die zwei Linien, davon die eine die schiefe Fläche, AB Fig. 20. die andere die horizontalebene AC macht, einen Winkel formiren der grösser oder kleiner seyn kann, je nachdem sich diese Linien mehr oder weniger neigen: und nun will ich in einer kleinen Tabelle sogleich die Verhältnisse der Kraft zur Last, bey verschiedenen Neigungen dieser Linien, d. i. bey verschiedenen Winkeln angeben, und nachher den Gebrauch dieser Tabelle zeigen. Es verhält sich aber die Kraft zur Last bey einer schiefen Fläche, unter einem Winkel von 5 Grad wie 8

— — — — 10 — —	17	zu 100
— — — — 15 — —	25	
— — — — 20 — —	34	
— — — — 25 — —	42	
— — — — 30 — —	50	
— — — — 35 — —	57	
— — — — 40 — —	64	
— — — — 45 — —	70	
— — — — 50 — —	76	
— — — — 55 — —	81	
— — — — 60 — —	86	
— — — — 65 — —	90	
— — — — 70 — —	94	
— — — — 75 — —	96	
— — — — 80 — —	98	
— — — — 85 — —	99	
— — — — 90 — —	100	

Der Gebrauch dieser Tabelle ist folgender: Gesetzt, ich weiß den Winkel an einer schiefen Fläche, oder ich kann ihn messen; so kann ich aus der Tabelle sogleich das Verhältniß der Kraft zur Last finden, welche erfordert wird, diese auf einer solchen Fläche unter einem solchen Winkel zu erhalten.

Je kleiner der Winkel ist, desto geringere Kraft ist nothwendig, eine gewisse Last zu erhalten. Auf einer schiefen Fläche unter einem Winkel von 5 Grad hat man nur etwa 8 Pfund nöthig, um 100 Pfund zu erhalten, bey einem Winkel von 15 Gr. 25 Pfund gegen 100, und also den vierten Theil, bey einem Winkel von 20 Grad 34 Pfund, oder ohngefähr ein Drittel der Last, wie wir auch bey dem 27sten Versuch wirklich sahen, wo der Winkel 20 Grad hielt, wenn die Höhe $\frac{1}{3}$ von der Länge der Fläche macht.

Auf einer schiefen Fläche unter einem Winkel von 30 Grad ist das Verhältniß der Kraft zur Last, wie 50 : 100, d. i. = die Hälfte. Und beym 28sten Versuch, wo wir die Höhe der schiefen Fläche auf 9 Zoll stellten, indessen die Länge die nämliche von 18 Zoll, und also die Höhe die Hälfte der Länge war, war auch das Verhältniß der Kraft zur Last wie 1 zu 2, und der Winkel war dort 30 Grad.

Ich muß zwar wohl bemerken, daß die in der Tabelle angegebenen Verhältnisse nicht ganz und aufs schärfste angenommen sind, denn sonst hätte ich den Sinus eines jeden Winkels in dem Verhältnisse zu seinem Sinu toto setzen müssen, was aber nur für wenige Leser brauchbar würde gewesen seyn. Indessen

dessen sind doch diese Verhältnisse so genau, als man sie bey der wirklichen Anwendung nur immer verlangen kann.

Wenn ein Pferd auf ebenem Wege nur das Reiben des Wagens, und die kleinen Unebenheiten als Sand und Steine zu überwinden hat, so muß es schon weit mehr Kraft anwenden, wenn der Weg nur ein wenig bergan geht. Es sey der Winkel nur $11\frac{1}{2}$ Gr. so ist die Kraft der Trägheit und das Reiben des Wagens nicht mehr im Stande, ihn zu erhalten, und er wird mit einem Fünftheil seiner Schwere zurückrollen. Ueberdieß kommt dem Pferde auch ein Fünftheil seiner eigenen Schwere zur Last. Rechnet man diese auf 500 Pfund, und die Last die es zog, auf eben so viel, so macht das Fünftel von beiden 200 Pfund. Damit wird es nun wohl noch fertig werden. Wenn aber der Weg lange unter dieser Schräge fortgeht, so wird es ermüden, daß es zuletzt nicht fortkommen kann. Ist die Schräge beiläufig $17\frac{1}{2}$ Grad, so kommen dem Pferde $\frac{3}{10}$ der von ihm gezogenen Masse, und eben so viel von seinem eigenen Gewichte zur Last. Nun darf ein Stein, zumal bey niedrigen Rädern in den Weg kommen, so wird das Pferd nicht mehr die Kraft haben, den Wagen über denselben hinauf zu bringen.

Welche besondere vortheilhafte Anwendungen auf die Vorfallenheiten im menschlichen Leben von dieser Erklärung der schiefen Fläche gemacht werden können, muß ich der Kürze wegen, den Lesern selbst überlassen. Aber eine sehr wichtige Bemerkung darf hier nicht übergangen werden.

Wir haben nämlich bisher angenommen, der Zug der Kraft gehe mit der schiefen Fläche gleich oder parallel. Wenn aber der Zug, nach welchem die Kraft wirkt, nicht mit der schiefen Fläche, sondern mit der Horizontalebene parallel gehet, wie aus Fig. 21. zu ersehen ist; dann ändert sich das Verältniß der Kraft zur Last.

Dieses Verhältniß läßt sich, so wie das vorige, aus trigonometrischen Sätzen, nämlich aus dem Verhältniß des Sinus zum Cosinus sehr leicht bestimmen. Diesemnach verhält sich die Kraft zur Last auf einer schiefen Fläche, wenn der Zug der Kraft nicht mit der schiefen Fläche, sondern mit der Horizontalebene parallel geht, z. B. bey einem Winkel von 20 Grad, wie 114 zu 313, bey einem Winkel von 30 Graden, wo wir in dem vorigen Falle das Verhältniß wie 1 zu 2 hatten, wie 5 zu $8\frac{2}{3}$, und bey 45 Graden muß sie der Last schon gleich seyn, denn hier wird der Cosinus dem Sinus gleich. Wird der Winkel grösser, so muß die Kraft mehr als die Last betragen, und bey 60 Graden muß sie schon im Verhältniß wie $8\frac{2}{3}$ zu 5 seyn. D. i. wenn die Last auf einer schiefen Fläche bey einem Winkel von 60 Grad durch eine Kraft erhalten werden soll, wo der Zug mit der Horizontalebene gleich ist, und diese Last 5 Centner wäre, so würden $8\frac{2}{3}$ Centner Kraft dazu erfordert.

Daraus ersiehet man zugleich, wie eine Kraft, die im parallelen Zuge eine Last aufwärts bringen konnte, bey veränderter Richtung nicht nur das vorige Uebergewicht, sondern sogar das Gleichgewicht verlieren könne. Es ist eine bekannte Erfahrung,

daß Pferden, wenn sie einen Wagen bergan gezogen haben, oft die Kräfte fehlen, ihn auf die Ebene zu bringen, in die ein solcher Berg sich endigt, und daß, wenn der Fuhrmann nicht klug genug ist, sie zuletzt recht scharf anzutreiben, der Wagen wieder zurück schießen, und die Pferde, ohngeachtet sie auf der schon erreichten Ebene einen sichern Stand haben, mit sich zurückziehen kann. — Warum dieses? — eben deswegen, weil der letzte Zug der Pferde aus einem parallelen Zuge horizontal wird.

Bisher haben wir die schiefe Fläche als unbeweglich angesehen, auf welcher die Last erhalten oder bewegt werden soll. Es ist aber ganz das nämliche, wenn die Last irgendwo befestigt ist, so daß sie sich nur in die Höhe heben, die schiefe Fläche selbst aber sich unter ihr fortbewegen kann, und dieses führt uns zur Erklärung des Keils.

Ehe ich jedoch mehr davon sage, will ich zuvörderst das oben bey der Schraube gegebene Versprechen nachholen, aus der schiefen Fläche die Einrichtung der Schraube noch deutlicher auseinander zu setzen.

Wir haben uns hinlänglich überzeugt, daß bey der schiefen Fläche sich die Kraft zur Last verhalte, als wie die Höhe zur Länge der schiefen Fläche. Wir werden sogleich gewahr werden, daß diese Verhältnisse auch dann die nämlichen bleiben, wenn die schiefe Fläche auch nicht in einer geraden, sondern in einer krummen Ebene liegt; weil ja das Verhältniß der Höhe zur Länge das nämliche bleiben kann. Denn wenn wir uns vorstellen, daß die schiefe Fläche Fig. 20, anstatt gerade zu seyn, krumm,

und um eine Walze herum gewunden wäre, so, daß die Last D sich in der Runde auf derselben fortbewegen könnte, so wäre weiter nichts in dem Verhältniß der Höhe zur Länge der Schiefe verändert, als daß die letztere nunmehro krumm wäre, da sie vorher gerade war.

Also wenn wir die schiefe Linie eines Plani inclinati (d. i. einer schiefen Fläche) wie AB Fig. 20, um einen Cylinder oder Walze winden, die gerade so dicke ist, daß diese Linie vollkommen um sie herumgehet, so haben wir eine krumme, schiefe Ebene. Winden wir nun mehrere solcher schiefen Flächenlinien um die Walzen, so erhalten wir die Gänge einer Schraube. Folglich ist eine Schraube nichts anders, als eine schiefe Fläche, die mehrmals um eine Spindel oder Walze gewunden ist, davon der Anfang eines Gewindes bis zu seinem Ende, oder die Linie AB auf der nämlichen Seite die Länge, und die Entfernung dieses Anfangspunktes bis zu dem Endpunkte die Linie BC die Höhe macht. Die übrigen Gewinde einer Schraube sind nur Wiederholungen und haben eben dieses Verhältniß.

Daraus erhellet nun auch, daß das Verhältniß der Kraft einer Schraube sich nach dem Umfange der Spindel und der Entfernung zweier Gewinde von einander richtet, oder — da sich bey einer geradlinigen schiefen Fläche die Kraft zur Last eben so verhält, wie die Höhe zur Länge; so verhält sich auch bey einer Schraube — welche nichts anders als eine krummlinige schiefe Fläche ist — die Kraft zur Last, als wie die Distanz zweier Gewinde zur Circumferenz der Schraube.

Da man nun eine Last vermittelst einer schiefen Fläche nur so hoch heben kann, als die Höhe dieser Fläche selbst ist; eine Schraube hingegen mehrere in einer Rundung über einander gelegte schiefe Flächen vorstellt; so kann man folglich vermittelst einer Schraube eine Last so hoch heben, als die Schraube Gewinde über einander hat.

Wir kommen nun zu der letzten unter den einfachen Maschinen, und das ist

---

VI. Der Keil.

Der Keil hat also — wie im Vorhergehenden bemerkt wurde — mit der schiefen Fläche ganz eine und dieselbe Bewandniß, nur daß hier die Last oder der zu bewegende Körper nicht so wie auf der schiefen Fläche fortgerückt, sondern blos gehoben wird, dahingegen die schiefe Fläche fortrückt.

Wir können den Keil in den einfachen und in den doppelten eintheilen. Ein einfacher Keil ist nichts anders als eine von den bereits erklärten schiefen Flächen Fig. 20 und 21. Das Verhältniß der Kraft zur Last bey einer solchen Fläche ist nunmehro bekannt.

Wird also ein einfacher Keil unter irgend eine Last geschoben, um dieselbe in die Höhe zu heben; so hat man, zu Folge des vorigen Gesetzes, nur so viel Kraft nöthig, als der Rücken des Keils oder seine Höhe von seiner Länge beträgt.

Wir wollen dieses zum Ueberfluß noch durch eine Zeichnung erklären. Es sey Fig. 22. ACB ein solcher einfacher Keil, welchen eine Kraft Q von A nach F fortschiebt. Die Last P werde in D an einem Stricke oder auf irgend eine Art gehalten, daß sie sich nicht anders als von A nach E bewegen könne, wenn sich der Keil von A nach F bewegt. Nun wenn das geschehen ist, hat die Kraft den Weg AF, und die Last den Weg AE in gleicher Zeit beschrieben. Da sich nun, wie schon mehrmals ist gesagt worden, die Kräfte zu den Lasten wie die gegenseitigen Geschwindigkeiten verhalten, also verhält sich auch die Kraft Q zu der Last P, wie sich verhält die Höhe des Keils BC zu der Länge CA. Daraus folgt also, daß je kleiner die Höhe des Keils sey, desto mehr Gewalt die Kraft erlange.

Setzen wir zwo dergleichen Flächen an einander, so entstehet ein gewöhnlicher Keil. Da nun sein Rücken itzt doppelt so groß wird, indem seine Länge die nämliche bleibt; so wirkt folglich dieser doppelte Keil mit der Hälfte der Kraft, mit welcher der einfache wirkte.

Mit andern Worten drücken wir diesen Satz also aus: Die Kraft, die einen (doppelten) Keil treibt, verhält sich zu dem auf beiden Seiten des Keils gleichwirkenden Widerstande, als wie die Hälfte seines Rückens zur Länge einer seiner Seiten.

Da der Beweis dieses Satzes sich nur aus der Aehnlichkeit der Dreyecke führen läßt, welche

aus den Directionslinien der Kraft und Last formirt werden, und wir hier davon keinen Gebrauch machen können, so müssen wir uns statt dieses Beweises mit der praktischen Erfahrung begnügen, die — bis auf einige Unrichtigkeiten, welche die Reibung verursacht — diese Wahrheit ziemlich genau darstellen wird. Wir stellen zu dem Ende

den 29sten Versuch an, welcher in der 23sten Figur abgebildet wird. Es sey z. B. AB ein Stück Holz, welches durch die gleichen Kräfte PP zusammen gehalten wird, deren jede 60 Loth, und folglich beide zusammen 120 Loth machen. Setzen wir den Keil bis auf den Boden ein, so wird er, obgleich er selbst 10 Loth wiegt, und in den zwey Seitenstücken sich reibt, dennoch durch die Kräfte PP herausgetrieben. Um ihn aber hinein zu treiben, brauchen wir ohngefähr 30—32 Loth; dazu die 10 Loth seines eigenen Gewichts, giebt 40—42 Loth. Wenn wir nun für die Reibung 10—12 Loth rechnen, und annehmen, der Keil werde durch 30 Loth Kraft hinein getrieben, oder es werde mit 30 Loth Kraft die Last von 120 Loth überwältigt, oder doch wenigstens im Gleichgewicht erhalten, so haben wir, weil der halbe Rücken mn viermal in der Länge mo enthalten ist, eben das Verhältniß zwischen der Länge des Keils gegen seinen halben Rücken, wie das Verhältniß des Widerstandes zur Kraft, nämlich überall den vierten Theil.

Indessen würden wir doch ohne Hülfe der Gesetze aus der schiefen Fläche, und ohne geometrische Principien das Verhältniß der Kraft zur Last bey dem Keil, durch blosse Versuche schwerlich so genau erhalten, als wir es in der Theorie zu wissen nöthig haben.

Wir bemerken übrigens noch bey der Erklärung des Keils, daß wir dieses Werkzeug im gemeinen Leben noch öfter gebrauchen, als wir wol selbst glauben, denn unsere Messer, Scheeren, Aexte, Meisel oder Stemmeisen, kurz alle Werkzeuge, die wir zum Zertrennen der Körper gebrauchen, sind nichts anders als Keile, von denen einige mit einem blosen Druck, andere mit Stos und Schlag wirken; alle aber um so viel mehr vermögen, je schärfer sie sind, oder je kleiner die Dicke in Vergleichung ihrer Höhe ist.

Bey dem Gebrauch der Messer und aller Werkzeuge, die man zum Schneiden gebraucht, kommt der Zug, mit welchem dieselben bewegt werden, der Wirkung des Drucks zu Hilfe, indem sie zugleich als eine Säge wirken. Auch die Nadeln, Nägel, Degen, und alle Werkzeuge zum Stechen sind als Keile anzusehen, die mit mehr als zwo Seiten wirken. Die Bohrer sind Keile mit gekrümmten Flächen, die mit ihrer herumbewegten Schärfe zugleich als eine Säge wirken, welche Wirkung durch den zu oberst angebrachten Handgriff als durch einen Hebel noch mehr verstärkt wird.

Dieses sind denn nun die bekannten einfachen Maschinen, und diese mußten wir nothwendig vor-

her genau kennen, wenn wir die künftig vorkommenden zusammengesetzten verstehen wollen.

Von der Reibung. (Friction.)

Bey den Versuchen, die wir bisher anstellten, fanden wir immer, daß der Erfolg das nicht genau leistete, was zufolge der Theorie und Berechnung hätte geschehen sollen. Die Maschinen brauchten allemal etwas mehr Kraft, als sie nach der Berechnung nöthig gehabt hätten, und widerstanden im Gegentheil eher, als sie es hätten thun sollen. Alles dieses aber war blos die Folge der Reibung.

Im Anfange, wenn man sich die mechanischen Gesetze bekannt macht, hat man nun wol nicht eben so nöthig, genau darauf zu achten, in der Folge aber, wenn man mehrere einfache Maschinen mit einander verbinden will, ist es allerdings nothwendig und unentbehrlich, die Hindernisse, welche sich den Gesetzen der Bewegung entgegen stellen, — und diese sind nichts anders als die Reibung — möglichst genau zu kennen. — Ich sage möglichst — denn vollkommen genau lassen sich diese Hindernisse oder die Grade der Reibung nie bestimmen und angeben.

Die Mechanik würde alsdann sehr vollkommen werden, wenn man bey jeder Maschine genau angeben könnte, wie groß der Widerstand des Reibens an ihr sey, und wie viel Kraft folglich noch zu derjenigen hinzukommen müsse, welche die Theorie der Maschine erfodert, um die gesuchte Bewegung hervorzubringen. Gesetzt eine Radewinde wäre

so eingerichtet, daß mit 25 Pfund Kraft eine Last von 300 Pfund gehalten werden könne, man wüßte aber zugleich, daß die mit diesem Gewichte beschwerte Maschine 15 Pfund Reibung habe, so wüßte man nunmehro auch, daß, um diese Maschine in Bewegung zu setzen, etwas mehr als 40 Pfund Kraft erfodert werde. Allein diese Genauigkeit in der Berechnung der Reibung hat man bisher noch nicht erlangen können. Indessen hat man doch aus den Erfahrungen einige Regeln abstrahirt, welche wir uns nunmehro bekannt machen wollen.

Ohne mich hier in eine weitläuftige Erzählung aller, über die Reibung angestellten Versuche, noch in eine umständliche Beschreibung solcher Maschinen, wodurch man die Grösse der Reibung einigermassen erforschen kann, einzulassen, als welches alles bey unserm Zweck überflüssig ist, merke ich blos die allgemeinen Gesetze hier an.

Wenn man einen Körper auf eine vollkommen eben gestellte Fläche bringt, einen an denselben befestigten Faden über eine Rolle führt, und so lange Gewichte anhängt, bis der Körper fortrückt; so kann man ohngefähr die Kraft der Reibung finden, und diese wird, wenn beyde Körper von einerley Materie und ihre Flächen, womit sie einander berühren, nicht mit vieler Kunst geglättet sind, von einem Drittel des Gewichts des Körpers nicht viel abweichen. Allein bey diesen Versuchen kommt das Reiben der Rolle mit ins Spiel, welches von dem Reiben des Körpers unterschieden ist, in dem Versuche aber nicht unterschieden werden kann.

Man hat indessen aus Versuchen und Erfahrungen folgende Wahrheiten entdeckt:

1) Richtet sich das Reiben am meisten nach der Grösse des Drucks, in welchem die Theile der Maschinen gegen einander, oder gegen ihre Unterlagen drücken. Daraus folgt, daß das Reiben bey den Maschinen, die der Kraft einen grossen Vortheil geben, immer schwächer an den Theilen sey, die der Kraft am nächsten liegen, und von der Last am wenigsten gedrückt werden. Wenn z. B. an einer aus zwei Rädern zusammen gesetzten Maschine von 50 Pfund Kraft mit 1000 Pfund Last im Gleichgewichte stehen, 10 Pfund für die Reibung angenommen werden, und man fügt noch ein drittes Rad hinzu, durch welches der Kraft eine fünfmal grössere Geschwindigkeit gegeben wird, so werden für die Reibung nicht 10, sondern 2 Pfund zu rechnen seyn. Aber dieses dritte Rad wird neue Reibung verursachen, welche für sich noch ein halbes Pfund mehr erfodert, um in der Bewegung überwunden zu werden. Dann ist aber verhältnißmässig auch die Reibung stärker geworden. Denn da nun das dritte Rad die erforderliche Kraft von 50 Pfund auf 10 Pfund herabbringt, so sind $2\frac{1}{2}$ Pfund, die nun für die Reibung hinzukommen, mehr gegen 10, als vorhin 10 gegen 50 Pfund.

Es ist daher weit besser, die Maschinen so viel als möglich zu vereinfachen, und lieber an Kraft und Geschwindigkeit etwas zu verlieren,

als diese zu übertreiben, und dafür durch die Reibung wieder gehindert zu werden.

2) Reiben sich die Körper am stärksten aneinander, welche von einer Materie sind. Ein Naturforscher hat gefunden, daß der Stahl auf dem Messing sich am wenigsten reibe, und wenn die Axe mit Oel geschmiert ist, nur $\frac{1}{7}$ des aufliegenden Gewichts betrage. Bey Stahl auf Stahl und sogar auch auf Zinn und Packholz beträgt es $\frac{1}{4}$, auf Kupfer aber nur $\frac{1}{5}$ desselben.

3) Wird das Reiben grösser, je geschwinder die Bewegung des einen Körpers unter oder über dem andern ist. Hingegen

4) Vermag die Kraft um so viel mehr gegen das Reiben, jemehr sie überhaupt zur Bewegung der Maschine durch ihre Entfernung von dem Bewegungspunkte vermag. Je dicker also die Zapfen einer Welle im Verhältniß gegen das Rad sind, desto grösser ist die Reibung, und je dünner sie sind, desto mehr vermag die nämliche Kraft gegen die Reibung. Es ist also eine Hauptregel für die praktische Mechanik, daß man die Axen oder Zapfen der Instrumente so dünne mache, als nur immer möglich ist, und sie dagegen von der härtesten Materie fertige, welche man dazu finden kann. Daher sind an Fuhrwerken grosse Räder vortheilhafter als kleine bey einerley Dicke der Axen.

Man vermindert aber das Reiben dadurch sehr, wenn man einen flüssigen und besonders einen fetten Körper zwischen die reibenden Flächen bringt. Dieß ist eine allgemein bekannte Erfahrung, nur die Gründe derselben sind vielleicht nicht so allgemein bekannt. Es hat aber mit dem Einschmieren folgende Bewandniß. Die Feuchtigkeit oder das Fett füllt die Vertiefungen aus, und hindert das zu tiefe Eindringen der Körper in einander. Dann bestehen auch die fetten Theilchen wahrscheinlich, so wie die meisten Körper, aus Kügelchen, welche bey der Bewegung der Körper unter denselben leicht über einander weggleiten, und hier gewissermassen eben die Dienste thun, welche bey Fortschaffung grosser und schwerer Körper die Walze oder die Kugeln leisten.

Es ist aber auch bey dem Einschmieren ein Unterschied in Ansehung der Körper und Maschinen, und der Fettigkeit, womit man sie einschmiert. Bey dem Holze wählt man lieber zähere und weniger flüssige Arten von Fett, als Seife und Fett von Thieren, zwischen Metallen aber Oel, und zwar bey dünnen Axen sehr flüssige, bey dickern zähere Arten. Uebrigens hat dieses Einschmieren, besonders bey hölzernen Pfannen, noch den Vortheil, daß es die, aus dem zu heftigen Reiben oft entstehende Entzündung verhütet.

Man hat eine Erfindung gemacht, das Reiben der Zapfen dadurch zu vermindern, daß man sie auf Rollen legt, welche kleinere Axen haben. Diese Einrichtung kann da, wo die Last nicht sehr

groß ist, gute Dienste thun; bey grossen Lasten aber ist sie nicht anwendbar.

Es giebt noch mehrere Ursachen, welche der Reibung veranlassen, oder doch den Gang der Maschine erschweren, wohin unter andern vornemlich die Steifigkeit der Seile gehöret. Aber wir würden uns hier unnöthiger Weise verweilen, wenn wir diese Hindernisse genauer durchgehen wollten; da es uns nicht sowol um eine vollständige Theorie der praktischen Mechanik, als vielmehr darum zu thun ist, nur die vornehmsten Gesetze derselben kennen zu lernen.

So nachtheilig indessen dieses erwähnte Reiben der Theile bey den Maschinen ist, was ihren Gang oft so sehr erschwert, und die Gesetze der Bewegung hindert; so nützlich ist dasselbe doch in einer andern Absicht. Wir finden es oft eben so nöthig, Bewegungen zu stören, und aufzuhalten, als dieselben hervorzubringen. Wären die Oberflächen der Körper nicht rauh, so würden manche Bewegungen länger dauern, als wir es nach unsern Absichten wünschen. Manche Bewegungen würden grösser werden, als wir es wollen, oder ihre Richtung nicht so leicht ändern lassen, wenn sie doch von Zeit zu Zeit geändert werden muß. Eben diese verminderte Reibung macht unsern Gang auf dem Eise so unsicher und gefährlich. Der Fuß eilt da immer voraus, ehe der Körper sich in die gehörige Lage des Gleichgewichts setzen kann. Daß wir also auf dem Erdboden so sicher gehen, haben wir blos der Reibung zu danken. —

Die Schrauben würden uns, wie ich schon oben erwähnte, alle die Vortheile nicht verschaffen, wenn das Reiben bey ihnen nicht so stark wäre, daß alle Kraft des durch die Schraube gepreßten, oder durch dieselbe gehobenen Körpers sie nicht aus dem Stande zurücktreiben kann, in welchen man sie einmal gesetzt hat.

Eben durch das Reiben schleifen wir die Körper zu allerley Figuren ab, und geben ihnen eine Schneide, Schärfe und Politur nach unsern Absichten. Blos das Reiben des Mühlsteins ist die Kraft, die wir anwenden, um das Korn durch denselben zu zermalmen. — Ja wir würden so gar nichts in der Hand erhalten können, wenn wir nicht durch das Klemmen mit derselben, oder durch das Zusammendrücken, eine hinlänglich starke Reibung entstehen machten.

Wir kommen nun zur Erklärung der vorzüglichsten und bekanntesten zusammengesetzten Maschinen.

Zusammengesetzte Maschinen.

Die Zusammensetzung der Maschinen aus mehreren einfachen Werkzeugen ist einer solchen Mannichfaltigkeit fähig, daß es schlechterdings unmöglich ist, dieselben alle zu beschreiben, und als Beyspiele aufzustellen. Man muß sich genügen, wenn man eine Vorstellung von den gewöhnlichsten und vornehmsten derselben hat, von welchen man sich nachher eine jede selbst gefällige Verbindung wählen kann.

Wir werden daher auch nur das Nothwendigste und Wesentlichste davon hier mitnehmen, und uns vornämlich mit einigen faßlichen Anleitungen beschäftigen, alle dergleichen Maschinen zu berechnen und nach einem gewissen vorgesetzten Endzweck selbst anzulegen und zu verbinden.

Nach der Theorie der Mechanik lassen sich freilich schon solche einfache Maschinen gedenken, wodurch eine mehr als hundertmalige Verstärkung der Kraft bezweckt werden kann. So läßt sich z. B. ein Hebel, ein Rad mit seiner Welle, und andere dergleichen einfache Maschinen mehr gedenken, wodurch die geringste Kraft mit der größten Last ins Gleichgewicht gebracht werden könnte.

Aber in der Wirklichkeit lassen sich diese Maschinen nicht herstellen, denn sie würden ein Grösse und Last bekommen, unter welcher sie zerbrechen würden, ohne gebraucht und dirigirt werden zu können.

Man hat also, wenn es doch mehrmals darauf ankam, ungeheure Lasten mit wenigen Kräften zu bewegen, auf eine geschickte Verbindung und Zusammensetzung verschiedener einfacher Werzeuge gedacht, und daraus ist eine so unzählige Abwechselung und Mannigfaltigkeit von Maschinen entstanden, daß es ein ganzes Buch bedürfen würde, sie alle zu beschreiben. (Ein dergleichen sehr kostbares Werk ist Leypolds Theatrum Machinarum). Wir wollen nun die vornehmsten und gewöhnlichsten derselben der Reihe nach vor uns nehmen.

1) Ver-

1) Verbindung der Hebel mit einander.

Wenn wir uns noch an die zu Anfange erklärten Gesetze des Hebels erinnern, so liesse sich zwar sehr leicht eine Verbindung mehrerer Hebel neben oder über einander gedenken, durch Hülfe deren wir eine 100malige Vermehrung der Kraft erhalten könnten. Ein Beispiel dazu giebt die 24ste Figur Tab. III., wo jeder dieser zwey Hebel die Kraft um 10mal, und folglich beyde zusammen um 100mal vermehren. Aber wir sehen auch, daß die Bewegung der Last bey P kaum merklich seyn wird, wenn die Kraft K einen sehr grossen Bogen beschreiben muß.

Also ist eine Verbindung der Hebel, wenn eine Last dadurch in eine beträchtliche Höhe gehoben werden soll, durchaus nicht zweckdienlich.

Dahingegen wird der Hebel in der Zusammensetzung der meisten Maschinen mit desto grösserm Vortheil angewendet, und dienet theils als Handhabe, an welcher die Kraft der Menschen auf eine bequeme Art wirken kann, wie bey den Kurbeln; theils als ein Werkzeug, durch welches ein Theil der zusammengesetzten Maschinen dem übrigen Theil derselben seine Bewegung mittheilt, wie durch die Arme und Speichen der Räder geschiehet.

Wir werden nun zuerst die verschiedene Einrichtung der Räder uns genauer bekannt machen, um hierauf desto deutlicher ihre Kräfte und Wirkungen einsehen zu können.

2) Die Rädermaschinen.

Wenn man sich ein einzelnes Rad gedenkt, so stellt ein Arm desselben, womit das Rad an die Welle befestigt ist, den längern Arm eines Hebels, und der halbe Durchmesser der Welle den kürzern vor. Um nun mehrere Räder dergestalt mit einander zu verbinden, daß, wenn sich das eine bewegt, auch das andere und alle weiter mit ihm verbundenen sich bewegen, so muß das Rad und seine Welle eine gewisse Einrichtung haben, welche unter dem Namen Zahn und Getriebe hinlänglich bekannt ist; jedoch verbindet man oft auch Räder mit Riemen und Schnüren, welche alsdann die Stelle der Zähne und Getriebe vertreten.

Man nennt aber bekanntermassen ein Rad, an welchem die Zähne auf der Oberfläche der Peripherie stehen, ein Stirnrad, und wenn sie winkelrecht an der Seitenfläche des Rades stehen, ein Kammrad. Das Getriebe, welches eigentlich nichts anders, als ein kleines Rad ist, wird ein Trilling genannt, wenn es aus zwey Scheiben bestehet, die mit Stäben verbunden werden, dergleichen in den Mahlmühlen an dem Mühleisen, auf welchem der Stein läuft, sind.

Die Hauptsache bey den Rädern und Getrieben ist diese, daß ihre Zähne, Kämme oder Stäbe, welche in einander eingreifen, einerley Dicke und Abstand von einander haben müssen, wenn ihr Gang weder schlotternd, noch stockend, sondern vollkommen gleichförmig seyn soll.

So oft nun die Zahl der Zähne des einen Rades oder Getriebes in der Zahl des andern Ra-

des enthalten ist, so vielmal mehr kommt auch das kleinere Rad vor dem grössern herum. Wenn also z. B. ein Stirnrad 60 Zähne oder Kämme hat, und in ein Getriebe von 6 Zähnen oder Stecken eingreift: so ist sehr leicht begreiflich, daß die 6 Zähne oder Stecken des Getriebes sich aus den 60 Zähnen des grössern Rades zehnmal auslösen, und folglich jenes sammt dem an derselben Axe befestigten zweyten Rade zehnmal herumkommen müsse, ehe das erste Rad sich einmal umwendet.

Wir wollen uns hier nicht auf eine Anweisung, wie Räder- und Triebwerke aus den verschiedenen Materien auf eine zweckmäsige Art gefertigt werden sollen, einlassen, sondern vielmehr auf die Gesetze der Bewegung, Geschwindigkeit, und auf die Verhältnisse der Kraft zu der Last unsere vorzügliche Aufmerksamkeit richten.

Wenn man nun bey der Zusammensetzung der Räder das Verhältniß der Kraft und der Last betrachtet, so findet man allemal dabey, daß jenes, nämlich das Verhältniß der Kraft und Last das umgekehrte Verhältniß der Geschwindigkeit ist, welche die Punkte haben, an denen Kraft und Last wirken.

Es sey z. B. Fig. 25. no. 1. ein Rad, an welchem bey F ein Kraft wirkt. Dieses Rad kann auch nur in einer Kurbel bestehen. Es sey aber das Getriebe E fünfmal in dem Umfange des Rads enthalten, folglich hat auch die Kurbel oder das Rad eine fünfmal grössere Geschwindigkeit als das Getriebe E. Nun hat dieses Getriebe 6 Zähne,

das darauf folgende Rad no. 2. aber 24. Dieses Rad wird also einmal herumkommen, wenn das erste 4mal umgedrehet worden ist. Die Zähne des Rades no. 2. bewegen sich aber wieder 4mal geschwinder, als das Getriebe D, weil der Umkreis dieses Rades viermal grösser ist, als der Umkreis von dessen Getriebe. Wenn nun das Getriebe D auch 6 Zähne, das dritte Rad aber 30 hat, so wird dieses letztere einmal herumkommen, wenn das Getriebe D sich fünfmal umgewendet hat, und weil dieses erst einmal herumkommt, da das Rad no. 1. viermal sich umdrehete, so wird also folglich das dritte Rad sich einmal umdrehen, wenn sich das erste viermal 5, das ist 20mal herumdrehete. Es hat also das erste Rad eine 20mal grössere Geschwindigkeit, als das letztere. Nun ist aber die Welle C des dritten Rades auch nur fünfmal in dem Umfange ihres Rades enthalten, und folglich ist die Geschwindigkeit des Rades oder der 30 Zähne auch noch fünfmal grösser, als die Geschwindigkeit der Welle C, woran die Last hängt. Wir haben demnach die vorigen Geschwindigkeiten nochmals mit 5 zu multipliciren, und bekommen also 5×20, welches $= 100$ ist. Wenn also die Welle des dritten Rades C sich mit ihrer Last einmal umwendet, so muß das erste Rad oder die Kurbel F sich 100mal umgedrehet haben.

Nun, wenn diese Umdrehung in einer Secunde geschiehet, so werden 100 Secunden Zeit erfordert werden, bis sich die Welle C einmal umwendet.

Diese nämlichen Verhältnisse der Geschwindigkeiten kann man sich auch folgendergestalt (so

wie es Büsch in seiner Mathematik zum Nutzen und Vergnügen rc. gethan hat) erklären. Es seyen 3 Räder, Fig. 25, von denen das erstere, oder in unserer Figur das dritte eine Welle hat, deren Halbmesser AC der fünfte Theil von dem Halbmesser CB des Rades ist. Dieses Rad habe im Umkreise 30 Zähne, und das Getriebe D des zweyten Rades deren 6. Die Geschwindigkeit aller Zähne in dem Umkreise dieses ersten Rades no. 3. war aber schon 5mal grösser, als der Punkt in der Welle, mit welchen sich das Gewichte P aufwärts bewegt. Dieser ist die Geschwindigkeit der Zähne des Getriebes D gleich. Allein in dem zweyten Rade (no. 2.) bewegen sich alle Zähne noch viermal geschwinder, weil der Kreis viermal grösser, als der Kreis des Getriebes ist, und folglich 20mal geschwinder, als der Punkt A an der ersten Welle. Dieses zweyte Rad habe 24 Zähne und das Getriebe E des dritten Rades (no. 1.) sechs. Beyde greifen in einander ein, und bringen den Punkt F des dritten Rades (no. 1.), welches hier auch eine Kurbel seyn kann, in eine noch fünfmal geschwindere Bewegung, weil der Kreis fünfmal weiter ist, die folglich 100mal geschwinder wird, als die des Punktes A.

Kraft und Last verhalten sich also umgekehrt, wie diese Geschwindigkeiten, oder die Geschwindigkeit der Last ist einerley mit der, welche die einzelnen Punkte in der Fläche der Welle haben, und die von der Kraft einerley mit der Bewegung der Peripherie des letzten Rades.

Man findet aber diese Verhältnisse überhaupt leichter durch folgende Regel. Man zähle die Zähne

aller Räder und aller Getriebe, multiplicire die erstern mit einander und auch die letztern, und dividire das Produkt der Zähne der Getriebe in das Produkt der Zähne der Räder, so zeigt der Quotient die Umläufe des letzten Rades.

In unserm Beyspiel hat das Rad no. 3. 30, und das Rad no. 2. 24 Zähne, giebt beydes mit einander multiplicirt 720. Das Getriebe des Rades no. 2. hat 6, und des Rades no. 1. auch 6, welches mit einander multiplicirt = 36. Dieses in 720 dividirt, kommt 20. Wenn also das Rad (no. 1.) 20mal umläuft, so kommt das Rad no. 3. nur einmal herum, und weil dieses Rad noch fünfmal grösser, als seine Welle ist, so macht diese nur den fünften Theil der Bewegung, den das Rad macht, und folglich hebt sich auch die Last nur um den fünften Theil. Wenn demnach dieses letzte Rad noch fünfmal umgelaufen ist, so muß das erste 100mal umgelaufen seyn.

Man kann daher auch die Welle des letzten Rades als ein Getriebe ansehen, und das Verhältniß ihres Umfangs zu dem Umfange des Rades berechnen.

Oder aber, man messe die Durchmesser oder Halbmesser aller Räder und aller Wellen oder Getriebe von den Punkten an, wo die Zähne und Getriebe in einander greifen, multiplicire jede für sich mit einander, und dividire das Produkt der Durchmesser, der Wellen und Getriebe in das Produkt der Räder, so bekommt man die Umgänge des letzten Rades eben so. Z. B. Es seyen die 3 Wellen oder Getriebe einander im Durchmesser gleich, die

Welle des Rades no. 3. ist aber fünfmal in dem Rade no. 3. enthalten; das Getriebe des Rades no. 2. ist viermal in dem Rade no. 2. enthalten, und das Getriebe des letzten Rades no. 1. ist fünfmal in dem Rade no. 1. oder in dessen Kurbel enthalten: so ist $1 \times 1 \times 1 = 1$ als das Produkt der Getriebe und Wellen.

Die Durchmesser der Räder aber sind im ersten Rade 5, im zweyten 4, im dritten 5; nun ist aber $5 \times 4 = 20 \times 5 = 100$. Es verhalten sich demnach in unserm Beyspiele die Durchmesser aller Getriebe und Wellen zu den Durchmessern aller Räder wie 1 zu 100. Also verhält sich nun auch die Kraft zur Last umgekehrt wie 1 zu 100.

Von der Wahrheit dieser schon so grossen Wirkung oder Vermehrung der Kraft, welche wir durch die blosse Zusammensetzung dreyer Räder erhalten, wird uns

der 30ste Versuch augenscheinlich überzeugen. (Der Verfertiger dieser drey Räder hat freylich in der Eintheilung ein wenig gefehlt, und er gehört überhaupt nicht unter die grossen Künstler in seinem Fache. Indessen können wir doch so viel, als zu unserer Absicht hier erforderlich ist, auf Kosten der Richtigkeit von dieser Maschine abnehmen.)

Die Durchmesser der Wellen dieser 3 Räder und ihrer Getriebe verhalten sich zu den Durchmessern der Räder wie 3 zu 14, oder 1 zu $4\frac{2}{3}$. In 12 Theilen eines Zolles oder in Linien ausgedrückt wie 12 zu 56. Multipliciren wir also die

Getriebe, so kommen 1728''', und aus der Multiplikation der Räder entstehet das Produkt 175616. Dieses durch das Vorige dividirt, kommt zum Quotienten $101\frac{7}{12}$. — So vielmal soll demnach die Kraft vermehret werden. Der Versuch aber bestätiget diese Berechnung bis auf ein weniges, was wir der Reibung zuschreiben.

Die Umgänge des letzten Rades, woran die Kraft wirkt, finden wir so: Es hat das erste Rad, woran die Last hängt, 54 Kämme, und das Getriebe des zweyten Rades 12 Stecken. Da nun 12 in 54 $4\frac{1}{2}$ mal enthalten ist, so dreht sich folglich das zweyte Rad $4\frac{1}{2}$ mal herum, wenn das erste sich einmal um seine Axe drehet. Nun hat dieses zweyte Rad ebenfalls 54 Kämme, und das Getriebe des dritten Rades, woran die Kraft wirkt, hat wieder 12 Stecken; folglich dreht sich das dritte Rad ebenfalls $4\frac{1}{2}$ mal herum, wenn das zweyte einmal herumkommt. Dieses zweyte kam aber auch schon $4\frac{1}{2}$ mal herum, indem das erste einen Umgang machte, folglich bekommen wir, wenn wir $4\frac{1}{2}$ mit $4\frac{1}{2}$ multipliciren, $20\frac{1}{4}$ Umgänge für das dritte Rad, wenn das erste eine Umwendung macht.

$20\frac{1}{4} \times 4\frac{2}{3}$

81   14

4 81 3
14

324
81

12 | 1134 | $94\frac{1}{2}$
108

54
6

Nehmen wir aber die Geschwindigkeit des ersten Rades gegen dessen Welle, woran die Last hängt,

und welche sich eben so verhält, wie sich die Durchmesser verhalten (d. i.: 1 zu $4\frac{2}{3}$): so kommen durch die Multiplication des vorigen Produkts von $20\frac{1}{4}$ mit $4\frac{2}{3}$ nur $94\frac{1}{2}$, anstatt daß wir oben 101 erhielten; und dieß ist denn auch das richtige Verhältniß. Der Unterschied aber, der sich hier zeigt, hat seinen Grund in der Unrichtigkeit der Räder selbst, an welchen zwischen ihren Durchmessern und der Eintheilung ihrer Kämme und Getriebe das wahre Verhältniß nicht Statt findet.

Wir wollen nun zu noch einem Beyspiele, durch blosse Berechnungen ersehen, wie vielmal die Kraft vermehrt werden würde, wenn wir 5 Räder mit einander verbänden, bey welchen sich die Durchmesser oder auch die Radii ihrer Wellen oder Getriebe zu den Radien oder Durchmessern ihrer Räder verhielten wie 1 zu 12.

Fünf Getriebe oder Wellen, davon sich der Radius eines jeden zu dem Radio des Rades verhält, wie 1 zu 12, geben zum Produkt 1. (Denn 1 multiplicirt und dividirt bekanntermassen nicht). Fünf Radii der Räder aber, deren jeder zum Verhältnisse die Zahl 12 hat, geben = 248832 zum Produkt aller Räder. Wir wollen nun annehmen, daß ein Mensch mit seiner mittlern Kraft von 50 Pfunden diese Rädermaschine dirigire, und weil sich denn die Kraft zur Last verhält, als wie das Produkt aller Triebe zum Produkt aller Räder, das ist hier in unserm Beyspiele wie 1 zu 248832: so wird folglich ein Mensch mit 50 Pfund Kraft = einer Last von 12,441600 — d. i. von mehr

als 12 Millionen Pfunden erhalten oder aufheben können.

```
    12 — 1mal
    12 — 2mal
  ------
    24
    12
  ------
   144
    12 — 3mal
  ------
   288
  144
  ------
  1728
    12 — 4mal
  ------
  3456
 1728
  ------
 20736
    12 — 5mal
  ------
 41472
20736
  ------
248832
```

Nun liessen sich wohl fünf Räder, deren jedes 12 Schuh im Durchmesser, und die Welle, oder das Getriebe 1 Schuh, — oder das Rad 6 Schuh und das Getriebe $\frac{1}{2}$ Schuh hätte, gedenken, uud auch zusammen verbinden. Aber die Reibung und die eigene Schwere dieser Räder würde freylich auch diese Berechnung ziemlich unrichtig machen. Man wendet indessen diese Räderverbindung doch einigermassen mit sehr glücklichem Erfolg an, wie wir bey der Wagenwinde sehen werden.

Wenn die Zahl der Zähne oder Kämme durch die Zahl der Stecken des Getriebes leicht und ohne Rest dividirt werden kann: so folgt daraus, daß immer die nämlichen Zähne wieder auf die nämlichen Triebe treffen. Z. B. es wären 48 Zähne in einem Rad und 6 Stecken im Getriebe, so würde sich das Getriebe achtmal umdrehen, wenn das Rad

einen Umgang vollendet. Es würden aber auch immer die nämlichen Zähne an die nämlichen Stecken des Triebes kommen. Dieses thut man nun nicht gerne, oder sollte es wenigstens nicht thun: denn, hat ein Zahn oder auch ein Stecken eine falsche Figur, so wird der Eindruck davon in allen Zähnen bleiben, welche nur er, und kein anderer Zahn dieses Getriebes bey allen Wendungen der Maschine berührt. Oder ist einer von den Zähnen des Rades nicht recht beschaffen, so wird er bey jeder Wendung den Zahn des Getriebes ausschleifen, und nach und nach untauglich machen.

Haben aber die Zähne des Rades eine ungleiche Zahl, in welche sich die Zahl der Stecken nicht ohne Rest dividiren läßt: so wechseln die Zähne und Getriebe öfter auf einander und dadurch schleifen sich die guten an den schlechtern, und diese an jenen, und die Maschine richtet sich ein, ohne sich zu verderben.

Freylich wird dadurch die Berechnung etwas schwerer, und fällt nun in Brüche. Man setze z. B. das erste Rad Fig. 25. habe 31 Zähne, das erste Getriebe 6; das zweyte Rad 25, und das zweyte Getriebe 6 Zähne oder Stecken, so geht das zweyte Rad $5\frac{1}{6}$ mal öfter herum, als das erste, das dritte $4\frac{1}{6}$ öfter als das zweyte, und daher hat das dritte $\frac{775}{36}$, oder ohngefähr $21\frac{1}{2}$ Umläufe gegen einen Umlauf des ersten. Nun sey das Verhältniß des Durchmessers der Welle AC zu dem Durchmesser des dritten Rades wie 5 zu 36, so ist das genaue Verhältniß der Geschwindigkeit wie 1 zu $\frac{36}{5}$ mal $\frac{775}{36}$, das ist, wenn man das Produkt der Zähler

mit dem Produkt der Nenner dividirt, wie 1 zu 155, und so verhält sich die Kraft zur Last im Gleichgewichte.

Zu noch deutlicherer Einsicht und zugleich zu einer Generalregel, die Verhältnisse der Geschwindigkeiten wie der Kräfte und Lasten bey allen dergleichen Rädermaschinen zu berechnen, will ich das Beyspiel der zu unserm angestellten Versuch gebrauchten Räder noch einmal ganz arithmetisch hersetzen.

	Zähne.	Stecken.
Es hatte das 1ste Rad, woran die Last hieng	54	—
das 2te	54	12
das 3te, woran die Kraft wirkte	—	12

Folglich hatte das zweyte Rad $4\frac{1}{2}$ Umgang, wenn das erste einen machte, und das dritte Rad $20\frac{1}{4}$ Umgang, wenn das erste einen machte.

(Diese Angabe wurde gefunden, indem ich die Zahl der Stecken in die Zahl der Zähne theilte, und diesen Quotient mit sich selbst multiplicirte, weil die Räder gleiche Zähne und die Getriebe gleiche Stecken hatten.)

Nun war das Verhältniß der Welle, woran die Last hieng, und weil alle Räder gleiche Durchmesser haben, zum Durchmesser des dritten Rades wie 3 zu 14. Demnach ist auch das Verhältniß der Geschwindigkeiten wie

$$1 \text{ zu } \frac{14}{3} \text{ mal } \frac{81}{4} \text{ (nämlich } 20\tfrac{1}{4} = \frac{81}{4}\text{)}$$

Werden nun die beyden Zähler 14 und 81 multiplicirt, so kommt

```
      81
      14
     ---
     324
     81
    -----
12 | 1134 | 94½
   | 108  |
   | ---- |
      54
      48
     ---
       6
```

und die beyden Nenner multiplicirt, geben $3 \times 4 = 12$, damit in 1134 dividirt, kommt $94\frac{1}{2}$, und so verhält sich die Kraft zur Last im Gleichgewichte bey dieser Rädermaschine.

Hoffentlich wird diese Anleitung hinlänglich seyn, nach derselben jeden vorkommenden ähnlichen Fall bey Rädermaschinen zu berechnen. — Auf diese Art und nach dieser Anleitung könnten auch Uhrmacher ihre Uhren berechnen, wenn sie etwa hier und da einmal von der gewöhnlichen Einrichtung abwichen. Wir kommen nun zu einer, im gemeinen Leben sehr gewöhnlichen Rädermaschine, die unter dem Namen

3) die Wagenwinde

allgemein bekannt ist. —

Um die Kraft einer Winde einzusehen, wollen wir annehmen, es sey Fig. 26 GH die gezahnte Stange, worauf die Last zu liegen kommt. A sey die Kurbel, vermittelst welcher das kleine Rad D, durch dieses das grössere Rad E und mit demselben zugleich auch das kleinere Rad F gedreht wird, dessen Zähne in die Zähne der Stange eingreifen. Nun sey die Kurbel, welche man für ein Rad ansehen kann, 15 Zoll, der Radius des Triebes D 1 Zoll, der Radius des Rades E 12 Zoll, und der Radius

des Triebes F 2 Zoll. Wenn man nun das Produkt der Radien der Getriebe in das Produkt der Radien der Räder theilet, so bekommt man das Verhältniß der Kraft zur Last. — Es ist aber der Radius des Triebes D = 1, und des Triebes F = 2. (1 ⋈ 2 = 2) das Produkt der Kurbel = 15 Zoll, des Rades E = 12 Zoll. Nun ist 15 ⋈ 12 = 180, dividirt durch 2|180|90. Ist demnach die Kraft bey dieser Winde = 90. Wenn nun ein Mensch 50 ℔ Kraft anwendet, so kann er vermittelst derselben eine Last von 50 ⋈ 90 = 4500 Pfunden überwältigen.

Da man sich bey jedem Windenmacher von der innern Einrichtung dieser Maschine leicht einen anschaulichen Begriff machen kann: so habe ich das Modell nebst dem Versuch weggelassen. Uebrigens wird wohl jeder Leser aus dem obigen Beyspiel eine jede Winde leicht berechnen können.

Ungleich grösser wird die Vermehrung der Kraft, wenn man ein Räderwerk mit einer Schraube verbindet. Diese Maschine kennt man unter dem Namen

4) Die Schraube ohne Ende, oder die ewige Schraube.

Wir wollen dieselbe zuerst in ihrer größten Einfachheit kennen lernen.

Oben bey Erklärung der Schraube wurde gesagt, daß sich die Kraft zur Last bey dieser Maschine verhalte, wie die Distanz zweyer Gänge zu der Circumferenz, welche die bewegende Kraft beschreibt. —

Wir wollen nun setzen, die Kurbel AB Fig. 27. sey 10½ Zoll, so ist die Circumferenz (siehe die oben bey der Schraube gegebene arithmetische Anleitung) 66 Zoll, die Distanz zweyer Schraubengänge sey 2 Zoll, dann ist das Verhältniß der Kraft zur Last bey der Schraube allein, wie 2 zu 66 oder 1 zu 33. Nun ist aber mit der Schraube das Rad verbunden, dessen Radius wir von 24 Zoll, und den Radius der Wellen, woran die Last hängt, von 3 Zoll annehmen. Multipliciren wir nun 2 Zoll Schraubengänge mit 3 Zoll Radius, so bekommen wir 6, und wenn wir die Circumferenz von 66 mit dem Radius von 24 multipliciren, so erhalten wir 1584 zum Produkt. Es verhält sich demnach die Kraft zur Last wie 6 zu 1584, oder wie 1 zu 264. Dieß ist denn schon eine ungeheure Vermehrung der Kraft durch die bloße Verbindung zweyer einfachen Maschinen. Würden wir nun noch 2 Räder hinzuthun, so wird die Vermehrung der Kraft beynahe unglaublich scheinen, aber doch eben so wahr seyn, wie alle bisherigen Berechnungen. Wir wollen dieses Beysoiel noch berechnen, und der Kürze wegen Kurbel, Schraube und das erste Rad in seinem schon berechneten Verhältnisse lassen. Wir setzen also noch ein zweytes Rad hinzu, dessen Halbmesser oder Radius 20 Zoll, der Radius seines Triebes 2 Zoll, — und das dritte Rad, dessen Radius 18 Zoll, und der Radius seines Triebes 1½ Zoll ist. Multipliciren wir nun alle diese Radios der Triebe, als 3, 2, 1½ Zoll, so erhalten wir 9, und dieses Produkt mit 2 Zoll Schraubenweite = 18 Zoll, — und das ist der erste Terminus des Verhältnisses. Nun multipliciren wir auch die Radien der Rä-

der, als 24, 20 und 18, wo wir denn 8640 bekommen, welches Produkt mit der Circumferenz der Kraft vermehrt, 570240 giebt, und dieß ist der zweyte Terminus des Verhältnisses. Wir haben demnach das Verhältniß von 18 zu 57024, oder von 1 zu 31680. — Würde nun ein Mensch mit 50 Pfund Kraft an dieser Maschine arbeiten, so wird er folglich eine Last von 50 mal 31680 = 1584000 Pfunden überwältigen.

Ob sich nun zwar wohl noch unzählige Verbindungen und Zusammensetzungen von Rädermaschinen gedenken lassen, so brauchen wir uns vor itzt doch nicht weiter dabey aufzuhalten, denn wir haben aus den angeführten Beyspielen die Kräfte dieser Maschinen hinlänglich ersehen.

Auch ist es überhaupt nicht möglich für jede einzelne Verhältnisse und Fälle, wo grosse Lasten mit geringen Kräften durch Rädermaschinen bewegt werden sollen, diese in ihrer verschiedentlichen Zusammensetzung anzugeben. — Dieß muß aus dem Verhältniß der Sachen, und nach den jedesmaligen Absichten beurtheilt werden.

Aber noch einige Anleitungen zur Berechnung der Räder überhaupt in etlichen Beyspielen zu geben, wird vielleicht für Diesen und Jenen nützlich und vortheilhaft seyn.

Da aus dem Vorhergehenden bekannt ist, daß die Umgänge mehrerer Räder sich unter einander verhalten, wie die Anzahl der Zähne und Getriebe, so lassen sich daraus sowohl die Umgänge, als auch die Zahl der Zähne und Getriebe leicht berechnen.

Gesetzt

Gesetzt man habe ein Rad von 64 Zähnen, und im Trillinge oder Getriebe, in welchen das Rad greift, 8 Triebstecken, so ist ganz natürlich, daß das Getriebe und mit ihm zugleich das an demselben befindliche Rad 8mal sich herumdrehen müsse, bis das erste Rad einmal herumkommt. Hat nun das zweyte Rad 48 Zähne, der Trilling aber, in welchen dieses wieder eingreift, 12 Triebstecken: so wird sich derselbe mit seinem dritten Rade viermal herumdrehen, wenn das zweyte Rad einmal herumkommt. Nun drehete sich aber dieses 8mal, indessen das erste Rad einmal sich drehete, folglich wird sich das dritte Rad viermal achtmal, d. i. 32mal umdrehen, bis das erste Rad einmal herumkommt. Daraus erhellet also die arithmetische Regel: um die Umgänge mehrerer mit einander verbundener Räder zu finden, multiplicire man die Zahl aller Zähne oder Kämme der Räder miteinander, und multiplicire auch die Zahl der Getriebe oder Triebstecken durch einander, dividire hierauf diese in jene, so zeigt der Quotient die Anzahl der Umgänge des letzten Rades, wenn das erste einmal herumkommt. Z. B. das

	Zähne.		Triebstecken.
1ste Rad hat	64	das 1ste Getrieb hat	8
2te Rad hat	48	das 2te Getrieb hat	12
Nun ist =	512	und	96
	256		

96|3072/32 Umgänge des letzten Rades.
288
192
192

Nun kann jedes Rad aus den mittlern als das letzte angesehen, und folglich in einem jeden die Zahl der Umwendungen gefunden werden.

Gewöhnlich hat in einer Taschenuhr

das Schneckenrad	60	Zähne.
das große Bodenrad	60	—
das kleine Bodenrad	50	—
das Kronrad	48	—
das Steigrad	13	—

Giebt, wenn man alle diese Zähne mit einander multipliciret, 112320000 zum Produkt.

Das Getriebe

des grossen Bodenrades hat	10	Triebstecken.
des kleinen Bodenrades hat	6	—
des Kronrades	6	—
des Steigrades	6	—

Giebt durch die Multiplication 2160.

Folglich macht, wenn man dieses Produkt in jenes dividirt, das Steigrad 52000 Umgänge, bis das Schneckenrad einmal herumkommt: und nun ist es auch leicht die Umgänge eines jeden von den mittlern Rädern zwischen dem Schnecken- und dem Steigrade zu finden.*)

*) Anm. In 24 Stunden drehet sich das Schneckenrad viermal, und in 30 Stunden fünfmal herum.

Die Zahlen der Zähne von gleichen Entfernungen in den Rädern verhalten sich wie die Peripherien oder Halbmesser. Denn wo z. B. ein dreymal grösserer Raum ist, können auch dreymal mehr Zähne von gleicher Entfernung stehen; nun

aber sind die Peripherien die Räume, worauf die Zähne stehen, und die Halbmesser verhalten sich wie die Peripherien; folglich ist der angegebene Satz richtig.

Wenn also ein Rad 6mal mehr Zähne von einerley Entfernung haben soll, so muß auch der Radius oder Halbmesser 6mal grösser seyn.

Wenn man daher weiß, wie oft sich ein jedes Rad in einer gewissen Zeit umdrehen soll, so kann man vermittelst der Proportionsregel die Zahl der Zähne eines Rades, und also auch seine Grösse leicht finden, wenn man nämlich setzt: Wie sich die Zahl der Umdrehungen des ersten Rades zu der Zahl der Umdrehungen des zweyten verhält, so verhält sich die Zahl der Zähne im Getriebe, zur Zahl der Zähne im Rade, welches in das Getriebe greift. Z. B. Ein Rad soll sich sechsmal umdrehen, wenn ein anderes nur einmal sich umdrehet. Wie viel wird dieses Rad Zähne haben müssen? Also wird

Zahl der Umdr. des 1sten Rad.	Zahl der Umdr. des 2ten Rad.	Zahl der Zähne im Getriebe des 2ten Rad.	Zahl der Zähne im Getriebe des 1sten Rad.
1 :	6 =	6 :	x.

$$\frac{6 \times 6 = 36}{1}$$

das erste Rad 36 Zähne haben müssen. (Dabey wird eine willkührliche Zahl von Triebstecken jedesmal vorausgesetzt und angenommen.

Um nun endlich bey allen Rädermaschinen Kraft, Last und Grösse der Räder gehörig zu berechnen, wollen wir folgendes Beyspiel, welches für alle Fälle gilt, wählen.

Bayerische Staatsbibliothek München

Wie sich nämlich die Kraft zur Last verhält, so verhält sich das Produkt aus den Halbmessern der Getriebe zu dem Produkt aus den Halbmessern der Räder. Z. B. Es sollen 3000 Pfund Last von 30 Pfund Kraft durch 3 Räder gehalten werden. Wie groß müssen die Halbmesser dieser Räder seyn? (Die Halbmesser der Getriebe wollen wir alle einen Schuh lang annehmen.) Man sage also: Wie sich verhält die Kraft zur Last, so verhält sich das Produkt aus den Halbmessern der Getriebe zu dem Produkt aus den Halbmessern der Räder.

Kraft	:	Last	=	Produkt aus den Halbmessern der Getriebe.		Produkt aus den Halbmessern der Räder.
30	:	3000	=	1 Getrieb	:	× Räder.
				30|3000 *f* 100 Halbm. d. R.		

100 ist also das Produkt der Durchmesser der Räder, und nun kommt es darauf an, wie viel man Räder haben will. Man zerfälle also diese 100 in so viele Faktoren, als man Räder haben will, z. B. 100 = 5 × 5 × 4; folglich müssen 2 Räder, jedes von 5 Schuh — und ein Rad von 4 Schuh im Halbmesser gemacht werden.

Es ist übrigens schon gesagt worden, daß die Grösse der Halbmesser der Getriebe, und die Anzahl der Räder willkührlich ist.

Ich werde zu Ende dieser Abhandlungen von der Verbindung und Zusammensetzung mehrerer Maschinen mit einander noch einige allgemeine Bemerkungen anfügen, und gehe jetzt zu den übrigen zusammengesetzten Maschinen fort.

5) Die Verbindung der Rollen.

Es ist schon Seite 35 und ferner gesagt worden, daß nur die beweglichen Rollen die Kraft vermehren, die unbeweglichen hingegen nichts weiter, als nur allenfalls die Verminderung der Reibung und eine willkührliche Direction des Zuges bewirken; und Seite 38 ist eine solche Verbindung beweglicher Rollen, unter dem Namen Flaschenzug (Polyspast) erkläret worden.

Es giebt aber für die Kraft eine noch vortheilhaftere Art der Zusammensetzung der Rollen, wie in der 28sten Figur zu ersehen ist. Es betrage z. B. das Gewichte P, welches an der beweglichen Rolle A hängt, 32 Pfund und die Schnur, welche diese Rolle trägt, ist an einer zweyten Rolle B befestigt, welche, zufolge der oben schon gegebenen Erklärung, nur die Hälfte des Gewichtes P trägt. Von dieser Hälfte trägt die Rolle C abermals nur die Hälfte, und also das Viertel von 32 Pfunden, D trägt ein Achtel, E ein Sechszehntel, und die Kraft K endlich, hat an dem Seile, welches hier noch über eine unbewegliche Rolle F geführt ist, nur ein Zweyunddreyssigtheil der ganzen Last, nämlich 1 Pfund zu halten. Hierbey ist die Kraft nicht gerechnet, welche hinzugethan werden muß, um dem Gewichte der Rollen das Gleichgewicht zu halten. Diese beträgt aber nicht mehr als das Gewicht einer Rolle weniger $\frac{1}{32}$. Denn die Kraft K trägt die Hälfte der Rolle E, ein Viertel des Gewichtes der Rolle D, ein Achtel von C, ein Sechszehentheil von B und ein Zweyunddreissigtheil von von A, die Rollen mögen übrigens schwerer oder

leichter seyn. Allein da sich die Geschwindigkeit der Last in eben dem Verhältniß vermindert, wie sich die Kraft vermehrt: so bewegt sich folglich auch hier die Last 32 mal langsamer, als die Kraft, und also ist diese, übrigens für die Kraft sehr vortheilhafte Maschine, nur da zu gebrauchen, wo man eine sehr schwere Last nur eben von der Erde und etwa auf Walzen — kurz, nicht hoch heben will. Man nennt diese Zurüstung auf deutschen Schiffen, wo man sich ihrer bedient, um mäsige Lasten sehr geschwind aus dem Raum und über Bord zu heben — das spanische Takel.

6) Die Verbindung der Rollen und Flaschenzüge mit dem Haspel.

Eine sehr vortheilhafte Zusammensetzung der Maschinen ist diejenige, die durch Verbindung des Haspels oder der Radwinde mit beweglichen Rollen, oder mit Flaschenzügen erhalten wird. Schon aus unserm 19ten und 25sten Versuch, S. 42 und 44 u. f. haben wir uns von der ungemein grossen Verstärkung der Kraft bey einer solchen Zusammensetzung überzeugt. Den vortheilhaftesten Gebrauch von einer solchen Verbindung macht man auf Schiffswerften, um grosse Schiffe zur Ausbesserung aufzuschleppen. Man bedient sich aber dabey anstatt des Haspels der Erdwinde (siehe Seite 31), bey welcher man die Kräfte mehrerer Menschen mit beynahe immer gleichem und sehr vortheilhaftem Drucke anwenden kann. Da das Aufschleppen der Schiffe noch überdieß auf einer schiefen Fläche geschiehet, so wird auch dadurch die Kraft noch über-

dieß ansehnlich verstärkt. Ueberhaupt aber ist diese Zusammensetzung von Maschinen eine der vortheilhaftesten, die man zur Bewegung ungeheurer Lasten, in horizontaler oder jeder andern Richtung anwenden kann. Wir wollen, um uns durch eine bildliche Vorstellung von dieser ausserordentlichen Kraftvermehrung zu überzeugen, die Fig. 29 abgebildete Zusammensetzung nach einem angenommenen Maasstabe berechnen.

Es sey demnach das Schiff auf die schiefe Fläche AB hinauf zu ziehen. Die Winde C oder der Baum, um welchen das Seil geschlungen ist, soll sich zu der Peripherie der Arme wie 1 zu 6 verhalten, so haben wir demnach eine sechsmalige Verstärkung der Kraft. Nun sind auch in dem Flaschenzuge D 3 Rollen, welche die Kraft abermals sechsfach vermehren, und folglich haben wir nun schon eine $6 \times 6 = 36$fache Vermehrung der Kraft. — Endlich soll sich die schiefe Fläche, auf welcher das Schiff hinaufgezogen werden soll, zu ihrer Höhe verhalten wie 1 zu 14, und der Zug parallel seyn: so ist also der 14te Theil der Last als Kraft hinlänglich, das Schiff zu erhalten, wenn es die Reibung nicht verhindern würde, herab zu glitschen. Legen wir nun an jeden der vier Arme der Winde einen Mann nur mit 25 Pfund Kraft: so haben wir 100 Pfund Kraft, welche durch den Haspel und Flaschenzug noch 36mal verstärkt wird, und 3600 Pfund beträgt. Nun darf die Last noch, der Reibung wegen, wenigstens 12mal schwerer seyn, so kann folglich durch diese Maschinenverbindung ein Schiff von 43200 Pfunden bewegt werden.

Noch eine sehr vorzügliche Verbindung einfacher Werkzeuge ist

7) die Zusammensetzung der Schraube ohne Ende mit dem Flaschenzug auf einer schrägen Fläche.

Sie ist von der letzt beschriebenen nur darin unterschieden, daß hier, anstatt der Winde die Schraube ohne Ende angebracht ist. Hiedurch wird die größte Anzahl verschiedener einfacher Maschinen vereint, um in einer Verbindung auf eine Last zu wirken, nämlich der Hebel, als Kurbel an der Schraube, die Radwinde oder Haspel, die schräge Fläche, und die Schraube.

Da wir die Kräfte aller dieser einfachen Werkzeuge nunmehr hinlänglich kennen, so würde es unnöthig seyn, uns bey einer Berechnung dieser vereinten Kräfte länger zu verweilen.

Wer mit einiger Vorliebe für diese so schöne Wissenschaft, als die Mechanik ist, Fleiß und Nachdenken verbindet, und einen etwas geläuterten Verstand besitzt, wird nunmehr gewiß im Stande seyn, nicht nur jede ihm vorkommende, noch so sehr zusammengesetzte Maschine leicht und so sicher berechnen zu können, als dieses bey den Hindernissen der Reibung und andern Umständen geschehen kann; sondern er wird auch selbst verschiedene Zusammensetzungen zu erfinden im Stande seyn, die seiner Absicht und dem Endzweck, welchen er zu erreichen sucht, möglichst entsprechen.

Ich werde zwar am Ende noch einige Bemerkungen über das Maschinenwesen überhaupt beyfügen, indessen aber einige Beyspiele aufstellen, wie man unter Voraussetzung einer gewissen Kraft und einer gewissen Last oder Widerstandes, der nicht durch ein einfaches Werkzeug gehoben werden kann, eine Maschine aus mehrern Werkzeugen zusammensetzen könne, um den gesuchten Endzweck zu erhalten.

Anleitung verschiedene einfache Werkzeuge zu gewissen vorgesetzten Endzwecken zu verbinden.

Aufgabe und Bedingung.

Es soll ein Mensch in den Stand gesetzt werden, mit seiner Kraft eine Last von 2000 Pfunden aufzuwinden. Wir wollen dabey zur Bedingung setzen, daß die Maschine aus nicht mehr, als zwey, höchstens drey einfachen Werkzeugen bestehen solle. — Dabey wollen wir ferner die Kraft so klein annehmen, daß sie bey einer etwas lange dauernden Bewegung gewiß zureicht, und noch eines Zusatzes fähig bleibt, durch welchen aus dem Gleichgewicht ein Uebergewicht werden kann. Es kommt hiebey hauptsächlich darauf an, auf welche Art der Mensch seine Kraft anwenden soll, und das wollen wir in den folgenden Beyspielen sehen.

Wenn ein Mensch die Last an einem Seile niederwärts ziehen kann, so vermag er ohnstreitig mehr, als wenn er blos mit seinen Muskeln wirkt. In diesem letzten Falle werden 25 Pfund das höchste

seyn, was man bey etwas lange fortgesetzter Arbeit von ihm erwarten kann. Im erstern Falle hingegen kann man ihm dreymal soviel zumuthen.

Wegen des unvermeidlichen Reibens der Maschine aber, auf dessen Berechnung man sich nicht wohl einlassen kann, wollen wir für den ersten Fall der Anwendung der menschlichen Kraft nur 40 Pfund, und für den zweyten Fall 16 Pfund rechnen, damit wir die Maschine desto sicherer in Stand gesetzt sehen. In dem ersten Falle ist demnach das Verhältniß der Kraft zur Last wie 1 zu 50,

$$40 \mid 2000 f 50$$

im andern wie 1 zu 125

$$\left(\begin{array}{c}16 \mid 2000 f 125\\ 40\end{array}\right)$$
$$80$$

Es soll nun

Erstes Beyspiel: ein starker, schwerer Mensch an einer aus zwey Rädern bestehenden Maschine mit einer Kraft von 40 Pfunden ziehen, das Verhältniß der Kraft zur Last ist demnach hier wie 1 zu 50. Die Berechnung geschiehet nun also: Man bestimme zuförderst die Zahl der Zähne in dem ersten Rade und dem Getriebe des zweyten Rades. Jenes habe z. B. 31, dieses 5. Folglich ist die Zahl der Umläufe des zweyten Rades $6\frac{1}{5}$, indem das erste Rad mit der Welle sich einmal wendet. Nun suche man den Quotienten der Zahl 50 durch $\frac{31}{5}$, welcher seyn wird $\frac{250}{31}$

$$\left(\frac{5}{31} \times \frac{50}{1} = \frac{250}{31}\right)$$

Nach diesem Verhältniß richte man ferner die Durchmesser der Welle und des zweyten Rades ein, so ist die Geschwindigkeit der Kraft $\frac{31}{5}$ mal $\frac{250}{31}$, das ist 50mal grösser, als die von der Last.

$$\left\{\begin{array}{lll} \frac{31}{5} \times \frac{250}{31} & & \begin{array}{r} 250 \\ 31 \\ \hline 250 \\ 750 \\ \hline 155|7750|50 \\ 775 \\ \hline \end{array} \\ \begin{array}{r} 31 \\ 5 \\ \hline 155 \end{array} & & \end{array}\right\}$$

Wenn also der Durchmesser der Welle 1 Fuß ist, so ist der Durchmesser des zweyten Rades in dem Verhältniß 31 zu 250, 8 Fuß und etwa $\frac{1}{2}$ Zoll.

Zweytes Beyspiel: Soll der Mensch diese Last durch eine Kurbel heben, in welchem Falle wir ihm nur 16 Pf. Kraft beygelegt haben, so werden wir dieses auf folgende Art leicht erhalten: Durch jene beiden Räder wurde das Verhältniß der Geschwindigkeiten wie 1 zu 50. Hier muß es wie 1 zu 125 werden, d. i. die Geschwindigkeit muß $2\frac{1}{2}$ mal grösser werden, wenn die Kraft 16 ist, (denn $2\frac{1}{2} \times 16 = 40$). Dieses erlangen wir, wenn wir dem zweyten Rade Zähne geben, und ein Getriebe mit einer Kurbel an dasselbe anbringen, von welchem sich die Halbmesser wie 2 zu 5 verhalten.

$$\left(5 \times 50 = \frac{250}{2} = 125\right)$$

Drittes Beyspiel: Mit einer Kurbel, einem Rade und Flaschenzug. Man nehme einen Flaschenzug, der oben 3 und unten 2 Rollen, folglich 5 Seile hat. Izt sind von der obigen Last der 2000 Pfund nur noch 400 Pfund übrig, und so

viel brauchen wir also Kraft. Die Kraft von 16 Pf. aber, die wir anwenden, verhält sich nun wie 1 zu 25.

$$\left(\begin{array}{l} 16|400 f 25 \\ \quad\;\; 32 \\ \quad\;\; \overline{80} \end{array}\right)$$

Man gebe also dem Getriebe 5, und dem Rade 26 Zähne, so ist die Zahl der Umläufe des Getriebes und der Kurbel gegen einen Umlauf des Rades $\frac{26}{5}$ damit nun das Verhältniß 1 : 25 herauskomme, so dividire man 25 durch $\frac{26}{5}$

$$\left(\frac{5}{26} \times \frac{25}{1} = \frac{125}{26}\; 4 = \frac{21}{26}\right)$$

Man gebe der Welle die halbe Dicke, welche sie nach Verhältniß der Grösse des Rades haben muß, um 400 Pfund zu halten, und rechne, um genauer zu verfahren, die halbe Dicke des Seils dazu, mache alsdann die Kurbel $4\frac{21}{26}$ weiter, so ist die Maschine auf den erforderlichen Fall eingerichtet.

Viertes Beyspiel. Mit einer Erdwinde an einer schrägen Fläche. Hier kann man der Kraft wegen des vortheilhaften Drucks 40 Pfund beilegen. Die Höhe der schrägen Fläche sey gegen deren Länge, wie 2 zu 25. Nun sind also durch die Erdwinde noch 160 Pfund zu heben.

$$\left(\begin{array}{l} \text{denn } 25 : 2 = 2000 \\ \qquad\;\; 25|4000 \; f 160 \\ \qquad\qquad 150 \\ \qquad\qquad 150 \end{array}\right)$$

Man gebe der Erdwinde einen Hebel, dessen Länge sich zu der halben Dicke der Welle wie 4 zu 1 ver-

hält, so ist die Geschwindigkeit der Kraft zu der Geschwindigkeit der Last, wie 4 zu 1, und 40 Pf. Kraft halten 160 Pf. Last, und also auf der schiefen Fläche, deren Höhe $\frac{2}{25}$ ihrer Länge ist, 2000 Pfund. Um jedoch ganz gewiß zu seyn, daß man das, in diesem Falle sehr starke Reiben überwinden werde, so mache man den Hebel etwa um $\frac{1}{4}$ länger.

Fünftes Beyspiel. Mit einer blossen Schraube. Hier wirkt die Kraft an dem Hebel auf eine vortheilhafte Art. Wir könnten sie also auf 40 Pfund rechnen, aber des starken Reibens wegen wollen wir sie nur auf 25 Pfund setzen. Ihr Verhältniß ist also zum Gewicht der Last, wie 1 zu 80. (25 | 2000 ƒ 80
200)

Man gebe also dem Schraubengang eine Höhe, die sich zu dem Umkreise wie 1 zu 16 verhält, und gebe dem Hebel eine Länge, bey welcher die Kraft in einer Entfernung ausgreifen kann, die fünfmal so groß, als die halbe Dicke der Schraube ist.

Sechstes Beyspiel. Mit einer Schraube ohne Ende. Man gebe dem Rade 40 Zähne, und mache die Weite der Kurbel $3\frac{1}{8}$ mal grösser, als die halbe Dicke der Welle: so ist die Geschwindigkeit der Kraft 125mal grösser, als die Geschwindigkeit der Last, und folglich stehen 16 Pfund mit 2000 Pfund im Gleichgewichte. (denn $3\frac{1}{8} \times 40 = 125$). Allein, da die Dicke der Welle groß seyn muß, um 2000 Pfund tragen zu können, so muß auch das Rad sehr weit werden, wenn die 40 Zähne nicht zu schwach werden sollen. Es wird sich daher diese Maschine nicht wohl zu Stande bringen lassen.

Ausser dem bisher durch diese sechs Beyspiele erläuterten Endzweck, mehrere einfache Werkzeuge auf eine geschickte Art zu verbinden, um mit einer gewissen Kraft eine gewisse Last zu bewegen, berücksichtigt man durch eine dergleichen künstliche Zusammensetzung sehr oft auch blos die geschwindere oder langsamere Bewegung der Körper, und das ist ein nicht weniger wichtiger Endzweck der Mechanik. Man wird sogleich einsehen, daß dieser Theil der Mechanik in die Uhrmacherkunst einschlägt, wovon einiges Seite 94 gesagt worden ist. Hieher gehören denn noch viele andere Maschinen, deren man sich in der Experimentalphysik zu den Versuchen und Beobachtungen bedient, und welche hier der Kürze wegen nicht weiter beschrieben werden können.

Hier wird nun am Ende die oben versprochene Bemerkung über das Maschinenwesen überhaupt nicht am unrechten Orte stehen. Man glaube also ja nicht, daß die Maschinen allemal das leisten werden, sogar wenn auch die nach der genauesten Berechnung gebauten Modelle es thun, was man sich von ihnen versprochen hat. Denn man bedenke nur, daß 1) in der ausgeführten Maschine alles im kubischen Verhältnisse weit schwerer ausfalle, als im Modell, und daß 2) in eben diesem Verhältniß das Reiben, welches sich ohnehin nie genau berechnen läßt, zunehme.

Wenn z. B. ein Modell wie gewöhnlich so gemacht wird, daß, was im Grossen e i n Fuß Länge ist, in dem Modell mit e i n e m Zoll gemessen wird: so wird der körperliche Innhalt der Theile der

Maschine im kubischen Verhältniß grösser, folglich 1728 mal schwerer. Das Reiben nimmt demnach wenigstens in eben diesem Verhältniß zu, wenn das Material des Modells und der Maschine einerley ist, noch mehr aber, wenn man schwerere Materialien, und im Verhältniß mehr Eisen zu der Maschine anwendet. Dagegen aber verliert sich im Modelle bey dem mindern Gewicht seiner Theile auch aller Vortheil von der Schwungkraft, der sich in die Runde bewegenden Theile. Das Modell steht still, sobald man an demselben zu drehen aufhöret; die Maschine hingegen behält noch einige Zeit ihren Schwung. Dann kommt auch die Abnutzung in Erwägung, welche bey der wirklichen Maschine natürlich grösser, als bey dem Modell ist. — Man hüte sich deswegen vor allen neu angegebenen Maschinen, die nur blos im Modelle ausgeführet worden sind.

Man halte sich an die Erfahrung, und verlasse nicht zu geschwind eine ältere Einrichtung, wenn auch die Berechnung ein anderes lehren will. Oft taugt das in der Wirklichkeit gar nichts, was sich auf dem Risse und im Modelle herrlich ausnimmt und vollkommen scheint.

Besonders vermeide man so viel, als nur immer möglich, eine zu vielfältige Zusammensetzung, und gebe der Maschine so wenig abgesonderte Theile, deren einer durch den andern in Bewegung gesetzt werden müssen, als immer möglich.

Daher sind denn so viele herrlich angepriesene Erfindungen von Maschinen, von welchen man sich

so grosse Vortheile versprach, so jämmerlich verunglückt und unbrauchbar gefunden worden, weil ihre Erfinder die dabey vorfallenden Hindernisse und Nebenumstände nicht zugleich gehörig mit erwogen haben.

Von den Kräften.

Wenn wir einen Körper in Bewegung gesetzt, oder angefangene Bewegungen sich verändern oder ganz aufhören sehen: so setzen wir allemal eine Ursache voraus, welche diese Bewegung, oder Veränderung in der vorigen Bewegung, oder die Ruhe hervorbringt. Ob uns gleich die meisten dieser Ursachen, welche dieses alles bewirken, unbekannt sind: so nennen wir sie doch mit einem allgemeinen Namen Kraft, und verstehen darunter ein Vermögen, Bewegungen hervorzubringen, zu unterhalten oder zu verändern.

Bisher haben wir nur der Gewichte und menschlichen Kräfte erwähnt; jener, weil sie sich sehr genau bestimmen, dieser, weil sie sich auf so mancherley Art nach unsrer Willkühr und unsern Absichten verändern lassen. Allein, wenn es zur Ausübung kommt, so sind jene nur für wenig Fälle brauchbar, und diese sind theils zu lange fortwährender Arbeit untauglich, theils durch den Lohn, den sie erfordern, zu kostbar.

Man

Man wendet daher die Kräfte sehr vieler, theils belebter, theils lebloser Körper bey Maschinen an, und diese alle wollen wir, so weit es zu unserm Endzweck nöthig ist, itzt noch kennen lernen.

Die Kräfte lebendiger Körper, und zwar

1) Der Menschen. — Der Mensch kann in verschiedenen Stellungen seines Körpers bald mehr, bald weniger ausrichten. Die Muskeln des Arms halten, wenn derselbe ausgestreckt ist, etwa 25 Pfund, in andern Lagen des Arms jedoch mehr. In horizontalem Zuge kann ein Mensch, wenn er vollkommen gerade stehen bleibt, 24 bis 25 Fuß in die Höhe ziehen. Noch weniger kann er in dieser Stellung drücken. Daher ist bey Umdrehung der Kurbeln seine Kraft so ungleich. Wenn er die Kurbel von untenher an sich zieht, kann er über 100 Pfund Kraft anwenden, und wenn er sie von sich stößt, hat er fast gar keine, es sey denn, daß der Handgriff der Kurbel niedriger, als seine Schultern liege, wo er alsdann nicht blos gerade von sich stossen, sondern auch mit einem Theile seines Gewichts auf dieselbe drücken kann. Ueberhaupt weiß man aus mehrern angestellten Versuchen und Erfahrungen, daß ein Mensch ein Gewichte von 25 Pfunden in einer Stunde 6000 Fuß fortbewegen könne. Mehr vermag derselbe freylich, wenn er mit seinem ganzen Gewichte drückt oder zieht; denn hier kommt die Schwere seines Körpers, und sogar seiner Kleidung ihm zum Vortheil. An einer Winde oder Haspel, wo der Mensch mit beyden

Händen arbeitet, kann man ohngefähr 30 Pfund, und die Geschwindigkeit in einer Stunde nicht viel über 6000 Fuß annehmen.

2) Der Thiere. Die Thiere, deren Kräfte man in der Mechanik vorzüglich anzuwenden pflegt, sind die Pferde. Aus Versuchen hat man gefunden, daß ein Pferd, im horizontalen Zuge 7mal so viel, als ein Mensch, das ist 175 Pfund, und zwar mit einer Geschwindigkeit fortziehen kann, die auf eine Stunde 1800 Klafter, oder 10800 Fuß beträgt (6 Fuß auf eine Klafter).

Wenn man die Kraft im Gewichte ausdrückt, und mit der Geschwindigkeit für einen gewissen Zeitraum multiplicirt, so bekommt man das sogenannte Moment der Kraft. Wenn man also oben bey den Menschen 25 Pfund Kraft mit 6000 Fuß in einer Stunde multiplicirt, so bekommt man 150000 zum Moment seiner Kraft; und wenn man bey dem Pferde 7mal so viel Kraft, als der Mensch hatte, oder $7 \times 25 = 175$ Pfund Kraft mit 10800 Fuß Geschwindigkeit in ebenfalls einer Stunde, multiplicirt, so kommt 1890000 für das Moment der Kraft eines Pferdes, welches $12\frac{3}{5}$, oder beynahe 13mal soviel, als das Moment von den Kräften eines Menschen ist.

Anmerk. Man verstehe wohl, wenn vorhin gesagt wurde: ein Pferd könne 7mal so viel, als ein Mensch ziehen, und itzt heißt es, daß das Moment seiner Kraft beynahe 13mal so viel betrage, so muß der Unterschied der Geschwindigkeit in einer Stunde dabey nicht vergessen werden, welche bey den Menschen 6000 Fuß war, und bey dem Pferde 10800 Fuß, und also ebenfalls beynahe noch einmal so viel beträgt.

Man pflegt die Pferde gewöhnlich zum Umtreiben der Maschinen an einen langen Hebel, der in der Welle der Maschine befestigt ist, zu spannen. Wenn aber der Kreis sehr enge ist, so wird es dem Pferde sehr schwer, seinen langen Körper unablässig so zu wenden, wie es die Bewegung der Maschine erfordert. Man hat durch Versuche gefunden, daß 5 Männer einen Hebel an einer in Arbeit gesetzten Maschine kaum herumwenden konnten, den 1 Pferd in einem Kreise von 40 Fuß im Durchmesser zog. Dahingegen waren 3 Männer genug, den Hebel einer andern Maschine zu bewegen, deren Kreis 19 Fuß im Durchmesser hatte, und zu welchem 1 Pferd nicht Kräfte genug besaß. Ein Pferd verliert also mehr als zwey Fünftel von seiner Kraft, wenn es statt einer runden Bahn von 40 Fuß Durchmesser in einer halb so engen herumziehen muß.

Man wendet die Kräfte der Pferde und Ochsen auch noch auf eine solche Art an, daß sie ein schräg gelegtes Rad durch Treten in Bewegung setzen, oder mit den Hinterfüssen auf die Schaufeln eines perpendikularen Rades treten; hier wirken diese Thiere mit eben der Bewegung, als wenn sie bergan giengen, und man kann daher von allen diesen Maschinen behaupten, daß sie nicht sonderlich vortheilhaft sind.

Die Kräfte lebloser Körper

lassen sich zur Bewegung grosser Maschinen mit grösserm Vortheil anwenden, als die Kräfte der Menschen und Thiere, weil diese nur für eine gewisse

Zeit ausdauern können. — Diese leblosen Körper sind nun

1) das Wasser. Die Mühlen und andere Wasserwerke lehren uns täglich, was für Bewegungen in den Maschinen durch das Wasser hervorgebracht werden können. Es ist also nach Verschiedenheit der Umstände der verschiedene Nachdruck desselben zu beobachten.

Wenn das Wasser auf eine unbewegliche Fläche perpendikulär anstößt, wirkt es mit dem ganzen Vermögen; stößt es nur schief an, so wirkt es um desto weniger, je mehr es von der Perpendikularlinie abweicht.

Wenn aber die Fläche, wo es anstößt, beweglich ist, so ist die Wirkung wenigstens um 7mal kleiner, als das gesammte Vermögen des Stroms.

Wenn das Wasser geschwinder läuft, so verhalten sich die Nachdrücke wie die Quadrate der Geschwindigkeiten. Z. B. wenn der Strom 3mal geschwinder läuft, so ist der Nachdruck 9mal grösser, weil nämlich bey einer dreymal grössern Geschwindigkeit auch dreymal mehr Wasser anstößt.

Eine vollkommnere Kenntniß von den Kräften des Wassers muß man sich aus der Hydrostatik und Hydraulik erwerben.

2) Die Luft kann entweder durch den Druck oder durch die Ausdehnung eine Bewegung hervorbringen. Der Druck der Luft ist so groß, daß sie, bey trockenster Witterung, wo sie das größte Vermögen hat, ungefähr eine 28 Zoll hohe Quecksil-

bersäule, oder eine 32 Zoll hohe Wassersäule im Gleichgewicht erhält.

Die ausdehnende Kraft der Luft ist eben so groß, als der Druck der Luft; denn sie treibt das Quecksilber so hoch, als es von der Luftsäule getrieben wird. Durch das Zusammendrücken einer fremden Kraft kann ihre natürliche Kraft sehr vergrössert werden, wie wir solches bey den Windbüchsen sahen.

Durch die geschwindere und heftigere Ausdehnung der Luft entstehet ein mehr oder weniger heftiger Wind oder Luftstrom, und wie dieser auf Windmühlen sowohl, als auch auf Häuser und Bäume wirkt, ist bekannt.

3) Das Feuer wird zwar am meisten in der Chemie zum Schmelzen und Auflösen der Körper angewendet. Aber in der Mechanik ist man später auf den Gebrauch desselben, als einer sehr brauchbaren Kraft, gerathen. Man hat nämlich bemerkt, daß die Dünste der, vom Feuer aufgelösten Körper, insonderheit des Wassers, eine grosse Gewalt auf diejenigen Körper ausüben, die ihrer Ausdehnung im Wege stehen. So treibt die Kraft der Dünste des entzündeten Pulvers nicht nur das Geschütz, worinnen dasselbe bey seiner Entzündung eingeschlossen ist, mit Heftigkeit zurück, sondern äussert auch auf die Kugel selbst eine Gewalt, die uns allen aus ihren erstaunlichen Wirkungen bekannt ist.

Die Erfahrung von den Kräften der blossen Dünste des siedenden Wassers, welche zu Ende des vorigen Jahrhunderts ein teutscher Naturkundiger

Namens Papin zuerst machte, hat Veranlassung zur Erfindung der sogenannten Potteoischen Feuer- oder Dampfmaschine gegeben, welche nach vielen Verbesserungen nun in England, Frankreich, Teutschland und Ungarn zur Bewegung schwerer Pumpwerke gebraucht wird, wovon aber hier keine weitere Beschreibung Platz finden kann.

Anmerkung. Meinen Mitbürgern, welche diese künstliche Maschine genauer lernen kennen wollen, kann ich aus Gehlers physikalischem Lexikon, aus Poppe's Encyclopädie der Erfindungen u. a. hinlängliche Beschreibung davon geben. Andere Leser verweise ich auf eben diese Bücher, besonders auf Desaguliers Naturlehre 2 Theile, und Belidors hydraulische Baukunst.

4) Die Gewichte geben zur Untersuchung des Vermögens der Maschinen im Kleinen eine ungemein brauchbare Kraft ab, aber in der praktischen Mechanik und im Grossen sind sie gar nicht brauchbar. Die Absicht der meisten Maschinen ist, einer kleinen Kraft ein Vermögen zur Ueberwindung eines grossen Widerstandes zu geben, und dieses kann die Kraft nur durch die schnellere Bewegung, die man ihr giebt. Sie muß also einen viel grössern Weg durchlaufen, je geringer ihr Verhältniß an sich selbst gegen den Widerstand ist. Aber die Gewichte lassen sich nicht so anbringen, oder einen solchen Raum verschaffen, daß sie ihre Bewegung lange fortsetzen können, ohne mit Zeitverlust und andern Beschwerlichkeiten immer wieder aufgewunden zu werden. Hierzu kommt noch, daß die Gewichte nach Art der freyfallenden Körper in der

Geschwindigkeit zunehmen, je längere Zeit sie gefallen sind, und der Maschine also zuletzt eine Geschwindigkeit geben würden, welche sich theils nicht zu ihren Absichten schickt, theils die Maschine selbst bald verderben würde. Man kann also die Gewichte nur bey solchen Maschinen gebrauchen, wo man eine geschwinde Bewegung bey schwachem Widerstande hervorbringen will, und wobey sich die bewegende Kraft, die aber viel grösser, als der Widerstand ist, nur langsam bewegt. Dieß ist der Fall nur bey unsern Uhrwerken.

5) Die Federn sind Körper, welche, nachdem sie von einer fremden Kraft niedergedrückt, zusammengebogen, oder auf eine andere Art gespannet worden sind, sich wieder in den vorigen Zustand zu versetzen suchen, wie z. B. eine Degenklinge.

Zwar können verschiedene elastische Körper zu Federn dienen; doch sind keine so gut, als der Stahl. Was aber die Feder für eine Figur und Grösse haben soll, das hängt von den verschiedenen Umständen und der Absicht ihres Gebrauchs ab.

Indessen besitzen sie die meisten von den Unbequemlichkeiten, die bey den Gewichten Statt finden, daher sie auch nur in Uhrwerken, sonst aber bey keinen grossen Maschinen als bewegende Kraft gebraucht werden.

Von der Schwere und dem Fallen der Körper.

Die bisher erklärten Gesetze der Mechanik gründen sich einzig und allein auf die in der Natur liegende wunderbare Eigenschaft der Schwere, das ist: die allen Körpern auf der Erde ohne Ausnahme angehörende Neigung, nach dem Mittelpunkte der Erde zu fallen.

Diese Eigenschaft wirkt in allen Körpern, sie mögen übrigens so verschieden seyn, als sie wollen, auf gleiche Art und mit gleicher Kraft. Alle Körper streben mit einer, nach einem gewissen arithmetischen Verhältniß wachsenden Geschwindigkeit nach dem Mittelpunkte der Erde zu kommen; und aus diesem Verhältniß des Fallens hat man die merkwürdigsten und nutzbarsten Folgerungen geleitet, welche wir uns in dem Folgenden noch bekannt machen wollen.

Es fällt nämlich ein Körper, er mag übrigens von einer Grösse und Masse, das ist von einer gewissen Schwere oder Gewicht seyn, von welchem er will, in der ersten Sekunde seiner Fallzeit durch einen Raum von 15 pariser Fuß, und noch 6 Zoll 2 Linien, 5 Skrupel. (Man kann aber für die Fälle im gemeinen Leben, wo keine strenge Richtigkeit verlangt wird, mit den blossen 15 Fuß zufrieden seyn.)

Aber schon der blosse Augenschein beweist, daß der Körper immer schneller fällt, je näher er der Erde kommt. Diese wachsende Geschwindigkeit steigt in der nämlichen Ordnung, wie die ungeraden Zahlen 1, 3, 5, 7, 9, 11 u. s. w. Nämlich, es fällt ein Körper in der ersten Sekunde durch den gedachten Raum von 15 pariser Fuß, in der zweyten Sekunde durch einen dreymal grössern, in der dritten Sekunde durch einen fünfmal grössern Raum, u. s. w.

Setzen wir nun in eine Zeile die fortlaufenden Zahlen und darunter die ungeraden oder Primzahlen 1, 3, 5, 7 u. s. f. so zeigen die erstern die Fallzeiten in Zeitsekunden, und die lezten die Fallhöhen oder Räume, welche der fallende Körper in jeder folgenden Sekunde durchläuft.

Es sind demnach

Sekunden	1,	2,	3,	4,	5,	6,	7,	8,	9,	10	s. f.
Räume	1,	3,	5,	7,	9,	11,	13,	15,	17,	19	s. f.

Betrachten wir diese Zahlenverhältnisse genauer, so finden wir, daß sich die durchlaufenen Räume aus der Multiplikation der verstrichenen Zeitsekunden ergeben, und folglich mit ihnen nach einer geometrischen Progression fortgehen. Denn wenn z. B. ein Körper 4 Zeitsekunden gefallen ist, und ich multiplicire diese 4 Sekunden mit sich selbst, woraus das Produkt 16 entsteht, so ist der Körper in dieser lezten (vierten) Sekunde 7, in der vorhergehenden dritten Sekunde 5, in der zweyten 3, und in der ersten Sekunde 1 Raum, jeden zu 15 pariser Fuß gerechnet, durchgefallen. Nun ist aber 7 + 5 + 3 + 1 auch 16.

Also findet man die Höhe, von welcher ein Körper herabgefallen ist, sogleich, wenn man die Zeit seines Falles mit sich selbst multiplicirt, und diese gefundenen Räume nachmals mit 15 vermehrt.

In der Sprache der Mathematik sagt man: **Die Fallhöhe eines Körpers sey gleich dem Quadrate der Fallzeit.**

Es entsteht daher die andere Tabelle durch Multiplication der verstrichenen Zeitsekunden, welche ein Körper zu seinem Fall gebraucht hat, folgendermassen:

Zeitsekund.	1,	2,	3,	4,	5,	6,	7,	8,	9,	10
Quadrat.	1,	4,	9,	16,	25,	36,	49,	64,	81,	100

Hier zeigt die untere Zahlreihe oder das Quadrat der mit sich selbst multiplicirten Sekunden, die Räume, welche ein Körper in einer gewissen Anzahl von Sekunden gefallen ist. Multiplicirt man eines dieser Quadrate mit 15 als der Anzahl der Fusse, welche der Körper in der ersten Sekunde fällt: so hat man auch die Fallhöhe im Fußmaase, und kann sie folglich sogleich gehörig schätzen. Z. B. Ein Körper habe 7 Sekunden zu seinem Fall gebraucht, und ist in dieser Zeit durch 49 Räume gefallen, deren jeder 15 Fuß beträgt, so ist der Körper in 7 Sekunden $15 \times 49 = 735$ Fuß tief gefallen.

Zur Bequemlichkeit für diejenigen, welche nicht gerne mit Zahlen umgehen, theile ich hier eine Tabelle für die Zeit und Fallhöhe der Körper mit, welche für die Fälle im gemeinen Leben vollkommen hinreichend seyn wird.

Tabelle
für die
Zeit und Fallhöhe der Körper.

Sekunden.	Räume.	Betragen an Fussen.	In Quadraten der Zeit.	Betragen an Fussen.
1	1	15	1	15
2	3	45	4	60
3	5	75	9	135
4	7	105	16	240
5	9	135	25	375
6	11	165	36	540
7	13	195	49	735
8	15	225	64	960
9	17	255	81	1215
10	19	285	100	1500
11	21	315	121	1815
12	23	345	144	2160
13	25	375	169	2535
14	27	405	196	2930
15	29	435	225	3365
16	31	465	256	3840
17	33	495	289	4325
18	35	525	324	4860
19	37	555	361	5415
20	39	585	400	6000

Die Richtigkeit dieser Tabelle kann man folgendermassen leicht prüfen: Man multiplicire nur die erste Kolumne der Sekunden mit sich selbst, und dieses Produkt nachmals mit 15, so kommt die Höhe in Schuhen; und diese Regel kann man

allemal anwenden, wenn man diese Tabelle nicht bey der Hand hat, oder die Zeit der Fallzeit die hier berechneten 20 Minuten übersteigt. Z. B. ein Körper ist 12 Sekunden gefallen, wie tief ist er gefallen? (12 × 12 = 144 × 15 = 2160 Fuß.) Oder: Ein Körper ist 25 Minuten gefallen, von welcher Höhe ist er herunter gefallen? (25 × 25 × 15 = 9375 Fuß.)

Umgekehrt, wenn ich die Fallzeit aus der schon bekannten Höhe wissen will, so dividire ich zuerst die bekannte Höhe durch 15, und ziehe aus dem Quotienten die Quadratwurzel, welche mir die Zeit des Falles zeigt. Z. B. Ein Körper fällt aus einer Höhe von 3840 Fuß, wie viel Zeit wird er brauchen?

15|3840 f 2|56 f 16 Sekunden
30   1
84   156
75   26
90   156
90

Anmerk. Wer die Quadratwurzel aus einer Zahl nicht ziehen kann, der gebe sich die kleine Mühe, die Zahlen von 1 bis wenigstens auf 100 mit einander zu multipliciren, so hat er dann zu dem vorliegenden Gebrauch genug, um die Wurzel, das ist, diejenige Zahl sogleich aus seiner Tabelle zu finden, die, wenn er sie mit sich selbst multiplicirt hat, der Zahl gleich ist, aus welcher er die Wurzel ziehen sollte. Von 1 bis 10 steht sie schon auf der 120sten Seite, und auf diese Art kann man sie fortsetzen.

Von den Pendelschwingungen.

Die so eben erklärten Gesetze des Falles der Körper geben die natürliche Veranlassung von den Pendelschwingungen noch etwas anzufügen, eine Sache die besonders für Uhrmacher von Nutzen seyn wird.

Ein jeder Körper, er mag übrigens leichter oder schwerer, als ein anderer seyn, fällt mit der nämlichen, vorhin erklärten Geschwindigkeit auf die Erde, mit welcher der andere leichtere oder schwerere fällt. —

Hängt aber dieser Körper an einem Faden, welcher stark genug ist, seinen Fall zu verhindern, so strebt der Körper wenigstens mit der nämlichen Kraft zu fallen, mit welcher er fallen würde, wenn er frey wäre.

Giebt man einem freyhängenden Körper einen Stoß, so schwingt sich derselbe in einem Bogen so lange hin und her, bis er durch den beständigen Widerstand der Luft und der Reibung des Fadens an dem Hacken genöthigt wird, stille zu stehen. — Indessen sind doch gleichwohl die Schwingungen im Anfange der Bewegung und auch die Zeiten oder Dauer dieser Schwingungen sich so gleich, daß ein Unterschied nicht merklich wird.

Weil ein jeder Körper mit gleicher Kraft und Geschwindigkeit fällt, er mag übrigens schwerer oder leichter seyn, so sind auch die Schwingungen, die z. B. zwey Kugeln von verschiedener Grösse und Schwere machen, einander gleich, wenn nur die Fäden, woran diese Kugeln hängen, von gleicher Länge sind.

Wenn aber zwey Kugeln von gleicher Schwere an zwey Fäden hängen, davon der eine noch einmal so lang ist, als der andere, so wird diese am längern Faden langsamere, und jene am kürzern geschwindere, und also diese mehr Schwingungen, als jene, in der nämlichen Zeit machen.

Daraus folgen denn nun die Sätze: daß Pendel von gleicher Länge sich in gleichen Zeiten schwingen; d. h. in einer und der nämlichen Zeit gleiche Schwingungen machen, wenn auch ihre Gewichte ungleich sind.

Wenn aber die Gewichte gleich oder ungleich sind, die Pendel hingegen verschiedene Längen haben, so verhalten sich die Zeiten der Schwingungen, wie die Quadratwurzeln aus den Längen der Pendel, mithin verhalten sich auch die Längen der Pendel, wie die Quadratzahlen der Schwingungszeiten. Ein Pendel von 4 Fuß Länge schwingt sich folglich nur halb so schnell, als eines von 1 Fuß; wenn die Schwingungsbogen ähnlich sind.

Wenn also ein Pendel 70 Schwingungen macht, indem ein anderes 60 in gleicher Zeit vollendet, so muß sich in diesem Falle die Länge des ersten und zweyten verhalten wie 36 zu 49, denn $70 \times 70 = 4900$, und $60 \times 60 = 3600$.

Ohne uns weiter bey diesen Gesetzen des Pendels zu verweilen, merken wir nur noch folgenden wichtigen Satz: Man hat nämlich durch vielfältige und genaue Versuche gefunden, daß ein Pendel, wenn die Länge seines Fadens vom Mittelpunkt

der Kugel an gerechnet, bis an den Punkt, woran es hängt, genau 3 pariser Fuß $8\frac{1}{2}$ Linien beträgt, in einer Minute akkurat 60 Schwingungen vollendet, und — folglich lauter Sekundenschwingungen macht.

Wenn man also den Faden des Pendels in eine metallne Stange verwandelt, und mit einem Uhrwerke verbindet, welches die Fortdauer der Schwingungen unterhält, so hat man eine Sekundenpendeluhr, die jedoch leichter beschrieben, als gemacht werden kann. — Wir begnügen uns hier, daß wir nunmehr die Gründe einsehen, worauf die Pendeln beruhen, und ohngefähr das Wesentlichste von den Verhältnissen ihrer Längen wissen: und nun erhellet auch sehr deutlich, warum man bey einer Uhr das Pendel hinaufrückt, wenn sie zu langsam, und herunter, wenn sie zu geschwind gehet.

Von der Bewegung überhaupt.

Der Gegenstand, welchen wir in diesem ganzen Vortrage abgehandelt haben, betraf die Bewegung der Körper. Bisher beschäftigten wir uns blos mit den Gesetzen der künstlichen Bewegung; jetzt wollen wir uns noch von den Gesetzen der allgemeinen Bewegung unterhalten.

Die Bewegung ist nichts anders, als die Veränderung des Orts. Abwesenheit der Bewegung oder Beharren in eben derselben Lage gegen andere Körper heißt Ruhe. So scheint uns der Horizont zu ruhen, weil er gegen uns selbst und gegen die irdischen Gegenstände immer einerley Lage behält.

Aendert sich die Lage zweyer Gegenstände gegen einander, und glauben wir aus andern Erfahrungen den einen dieser Gegenstände ruhend, so schreiben wir andern Bewegung zu. So legt man der Sonne eine Bewegung bey, weil sie ihre Lage gegen den ruhig scheinenden Horizont ändert; ein Kind auf einem Kahne glaubt die Bäume am Ufer bewegt zu sehen, weil es sich selbst beym stillen Fortgang des Kahnes für ruhend hält, und also die veränderte Lage der Bäume gegen sein Auge für Bewegung derselben nimmt.

Wir befinden uns aber überhaupt sehr oft in der Lage dieses Kindes, und sind über Bewegung und Ruhe meistens in Irrthum. — Man pflegt daher Bewegung und Ruhe in absolute oder wahre, und in relative oder scheinbare einzutheilen.

Absolute oder wahre Bewegung giebt es allenthalben, auch da, wo wir sie nicht wahrnehmen; nur nehmen wir sie selten so vollkommen wahr, wie sie wirklich ist. Absolute Ruhe aber giebt es wahrscheinlich in der ganzen Welt nicht. Hieraus folgt also, daß wir von Bewegung und Ruhe überhaupt nichts weiter, als was nur relativ oder scheinbar ist, mit unsern Sinnen zu erkennen im Stande sind.

Bey Beurtheilung der Bewegung hat man vornehmlich folgende Umstände in Betrachtung zu ziehen: 1) Die Ursache der Bewegung, 2) die bewegte Masse, 3) die Richtung der Bewegung, 4) den zurückgelegten Weg oder Raum, 5) die Zeit, 6) die Geschwindigkeit und 7) die Grösse der Bewegung.

Wir wollen alle diese sieben Umstände kurz durchgehen.

1) Die Ursachen der Entstehung und Aenderung der Bewegungen liegen freilich noch in tiefer Dunkelheit verhüllt. Wir begnügen uns, diese unbekannte Ursache Kraft zu nennen, und überzeugen uns von dem Daseyn derselben aus ihrer Wirkung.

Daß übrigens ein bereits bewegter Körper andere, die er antrift, mit sich in Bewegung setzt, wenn sie ruhen, oder ihre Bewegung ändert, wenn sie schon vorher bewegt sind, ist aus Erfahrung bekannt. Man nennt dieses Mittheilung der Bewegung.

Wenn aber ein Körper einmal in Bewegung ist, so sehen wir keinen Grund, warum er nicht diese Bewegung unaufhörlich mit gleicher Geschwindigkeit, und in der nämlichen Richtung fortsetzen sollte, wofern keine Ursache da ist, welche seine Bewegung verhindert, oder ihr eine andere Richtung giebt.

Eben so muß auch ein Körper, wenn er einmal in Ruhe ist, ewig darinnen verharren, wenn nicht eine Ursache ihn aus der Ruhe bringt.

2) Die bewegte Masse muß bey der Bewegung darum in Betrachtung kommen, weil die Grösse selbst von der Menge dieser Masse abhängt. Doppelt so viel Masse bewegen, heißt unstreitig doppelt so viel thun, als die einfache Masse eben so bewegen.

3) Die Richtung der Bewegung heißt die gerade Linie nach den Gegenden, nach welchen ein bewegter Punkt entweder seinen ganzen Weg hindurch, oder an einzelnen Stellen fortgeht. Die durch die Bewegung des Körpers beschriebene Linie heißt die Bahn oder der Weg, welcher theils gerade, theils krumm seyn kann.

4) Die Länge des durch eine Bewegung zurückgelegten Weges heißt der Raum.

5) Jede Bewegung, auch durch den kleinsten Raum, erfordert eine gewisse Zeit. — Wenn man nun den Raum und die Zeit mit einander vergleicht, so entstehet daraus

6) Der Begriff von der Geschwindigkeit. Wenn z. B. ein Körper in einer und derselben Zeit einen doppelt so grossen Raum, oder denselben Raum in der Hälfte der Zeit zurücklegt, so ist seine Geschwindigkeit noch einmal so groß. Aus der Geschwindigkeit und der Masse des bewegten Körpers entstehet.

7) Die Grösse der Bewegung. Zwey Pfund bewegen ist doppelt so viel, als ein Pfund eben so geschwind bewegen. Einen Körper mit doppelter Geschwindigkeit bewegen, ist auch doppelt so viel, als eben denselben mit der einfachen Geschwindigkeit bewegen. Daraus erhellet nun, daß z. B. zwey Pfund mit dreyfacher Geschwindigkeit bewegen, sechsmal so viel sey, als ein Pfund mit einfacher Geschwindigkeit bewegen. Also verhalten sich die Grössen der Bewegungen wie die Produkte der bewegten Massen in die Geschwindigkeiten.

Diesen letzten Umstand der Bewegung, nämlich die Grösse derselben, haben wir Ursache uns besonders zu merken, weil wir nach demselben sehr viele Wirkungen im gemeinen Leben beurtheilen können. Z. B. Wenn uns Jemand einen Stein, etwa in der Grösse eines Apfels, in einer Höhe von wenig Zollen auf den Kopf fallen läßt, so fürchten wir uns eben nicht sehr davor. Wenn aber dieser Stein aus einer Höhe von einigen Fußen uns auf den Kopf fallen sollte, dann würden wir nicht ruhig stehen bleiben. Würde man uns vollends einen noch einmal so grossen Stein aus einer noch einmal so grossen Höhe wollen auf den Kopf fallen lassen, so würden wir noch mehr für unser Leben besorgt werden müssen.

Wenn der Schmied mit einem Hammer das Eisen schmiedet, und er verdoppelt die Schläge mit dem nämlichen Hammer in gleicher Zeit, so ist die Wirkung schon noch einmal so groß. Wenn er nun aber auch noch einen doppelt schweren Hammer nimmt, und mit doppelter Geschwindigkeit als anfangs schlägt: so wird nun die Grösse der Bewegung und folglich auch die Wirkung derselben vierfach seyn.

Ich habe meinen Zuhörern zu Anfange dieser Vorlesungen davon eine sinnliche Vorstellung durch verschiedene, immer höher hängende bleierne Kugeln gegeben, welche in einen weichen Thonkuchen herabfielen, und folglich immer tiefere Gruben machten, je höher sie herabfielen, und je grösser ihre Massen waren.

Von diesem Bewegungsgesetze machen wir übrigens im gemeinen Leben überall, oft unwissend, oder nur auf blosse Erfahrung gestützt, ohne einen deutlichen Begriff davon zu haben, Anwendung, wo wir etwas durch Hauen, Schlagen oder Stossen bewirken wollen.

Damit beschliessen wir denn diese Abhandlung über die Mechanik. — Es sind freylich nur die leichtesten und allgemeinsten Gesetze dieser so wichtigen und nutzbaren Wissenschaft, die wir hier durchgegangen haben. Indessen werden sie doch für die gewöhnlichen Fälle des bürgerlichen Lebens hinreichend seyn, um sich theils manche sonst unbekannte Erscheinung in der Anwendung und bey den Vorfallenheiten des menschlichen Lebens zu erklären, theils manche Vortheile zu bereiten, die der gänzlich entbehren muß, der nichts von mechanischen Gesetzen versteht. Für den Wißbegierigen aber können sie als Anleitung zu einem weitern Studium angesehen werden.

Das Seite 9. gethane Versprechen, den vermittelst allergnädigster Unterstützung zu meinen Vorlesungen unter meiner Anleitung und Aufsicht gefertigten mechanischen Apparat nach einem verjüngten Maasstabe in Kupfer stechen zu lassen, nehme ich darum wieder zurück, weil ich nach besserer Ueberlegung finde, daß dadurch das Buch nur vertheuert, gleichwol aber gar kein wesentlicher Vortheil dabey würde bezweckt werden.

Dafür glaube ich etwas Verdienstliches zu thun, wenn ich einer an mich ergangenen Aufforderung zu Folge, die Besorgung eines vollständi-

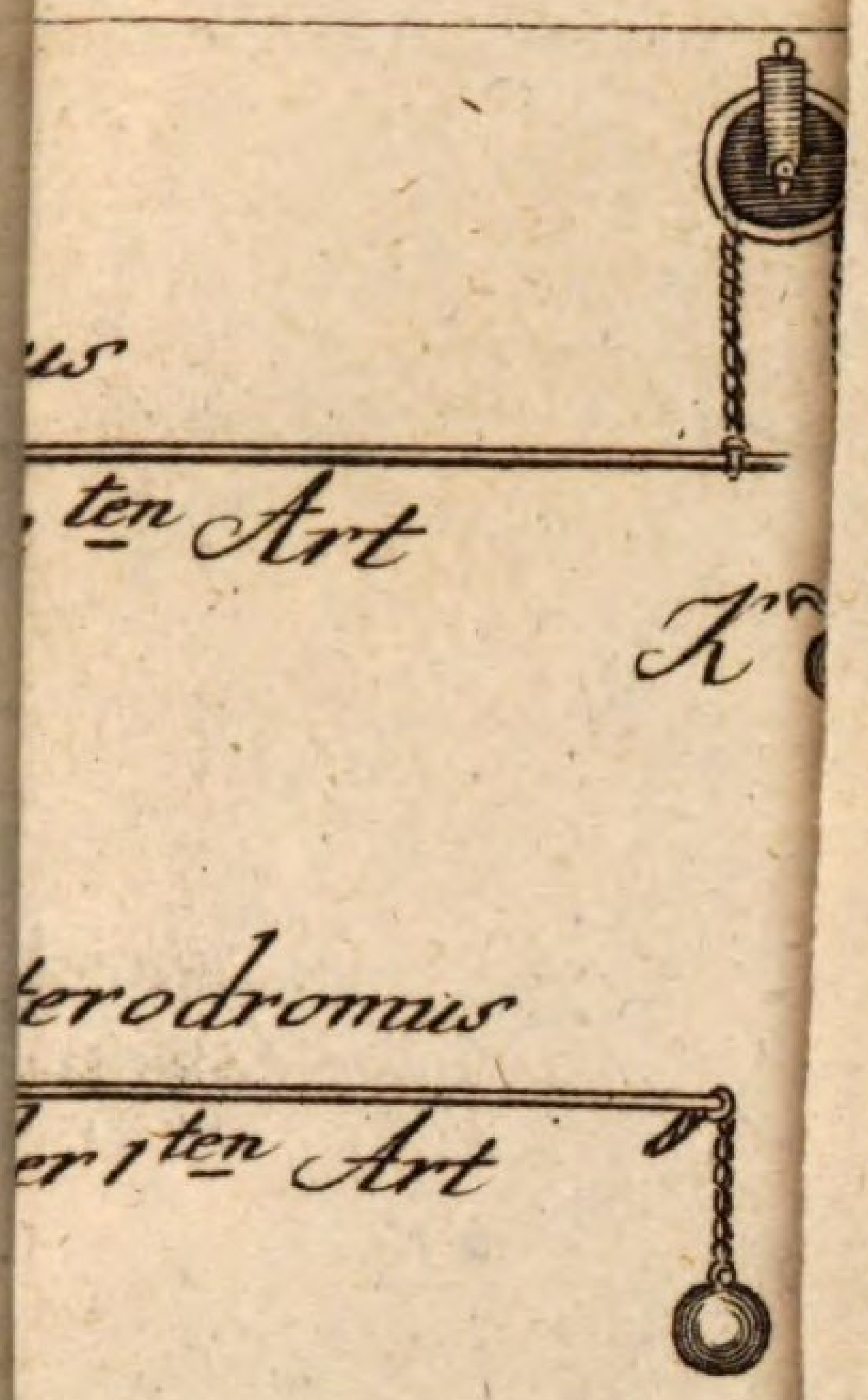
gen mechanischen Apparats übernehme, damit Liebhaber dieser schönen Wissenschaft, welche sich einen dergleichen zum Selbstgebrauch oder für die Lehrer ihrer Kinder von einigen Kunsthändlern der Reichsstadt Nürnberg verschreiben, nicht weiter um ihr Geld und in ihren Erwartungen betrogen werden, und um 10 bis 11 fl. einen Kasten voll elender Holzwaare erhalten, der zu weiter nichts taugt, als höchstens zu einem Spielzeug für zwey- und dreyjährige Kinder.

Bayerische Staatsbibliothek München

Sulzbach,
gedruckt mit J. E. Seidelschen Schriften.

Einige bisher bemerkte Druckfehler, welche ich hier anzeige, wollen die Leser gefälligst selbst corrigiren.

Seite	19	Zeile	10	v. u.	lese man		Er statt Es
—	21	—	16	v. u.	—	—	9 Loth st. 8 $\frac{1}{5}$ Loth.
—	21	—	15	v. u.	—	—	51 Loth st. 51 $\frac{3}{5}$ Loth.
—	21	—	13	v. u.	—	—	12 $\frac{3}{4}$ Loth st. 12 $\frac{9}{10}$ L.
—	22	—	3	v. o.	—	—	zu viel st. zu wenig
—	46	—	3	v. u.	—	—	i st. f


us
ten Art
K
erodromus
er 1ten Art

Bayerische StaatsBibliothek
Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Bischof, Karl August

Kurze Anleitung zur Erlernung der bürgerlichen Mechanik

Nürnberg [u.a.] 1807

Bibl.Mont. 3972 g
urn:nbn:de:bvb:12-bsb10724113-9